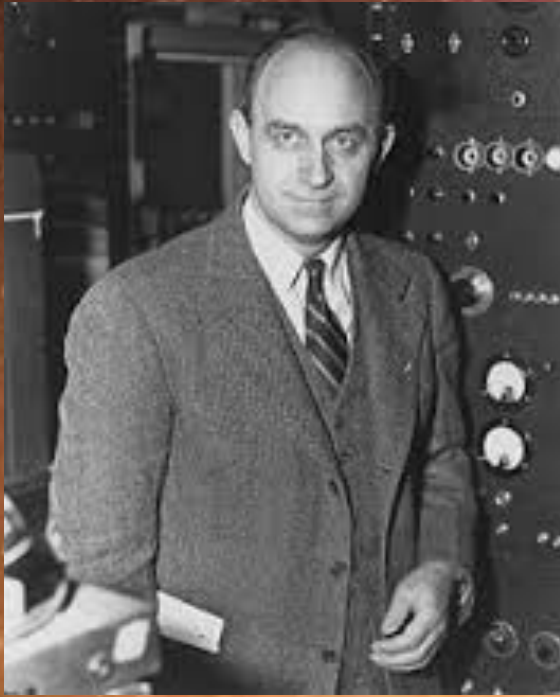




# Il Vuoto

Un Enigma tra Fisica e Metafisica





Durante il suo ultimo viaggio in Italia, poco prima della sua morte avvenuta nel 1954, fu chiesto ad **Enrico Fermi** quale sarebbe stata la fisica del futuro.

Si racconta che a questa domanda il grande scienziato italiano abbia risposto senza esitazione:

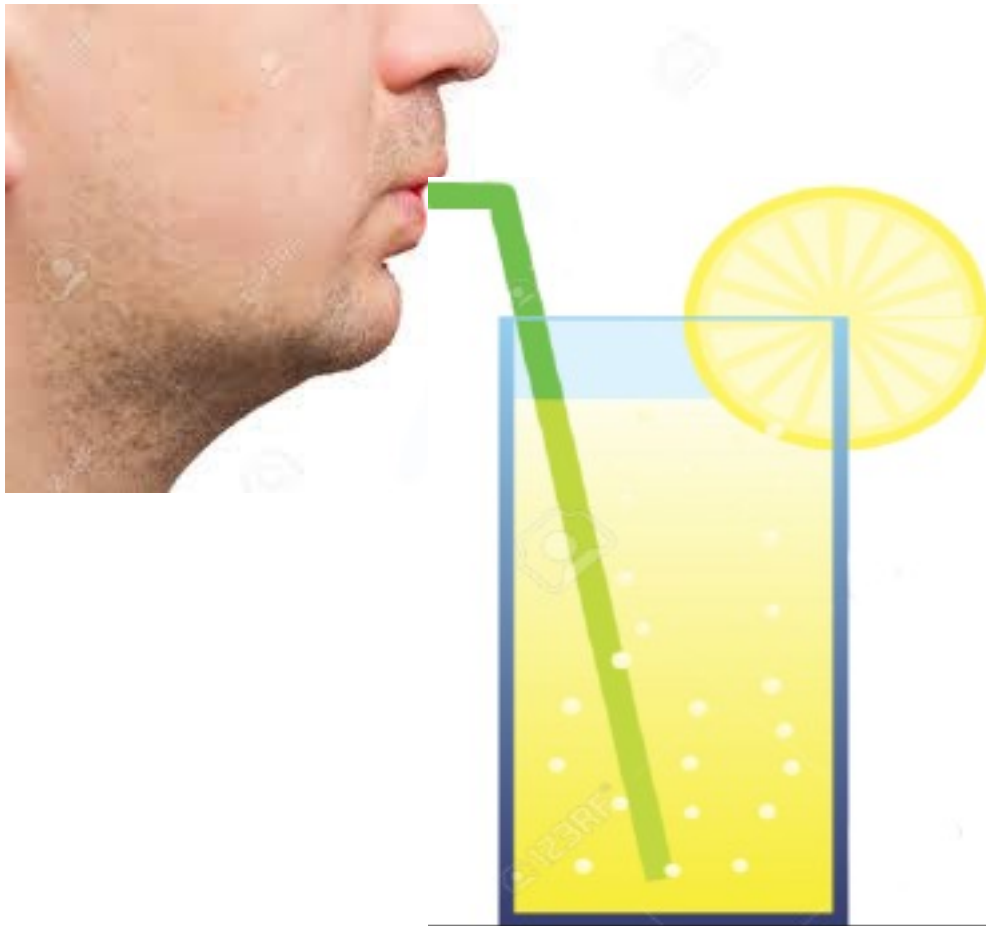
«Lo studio del vuoto».



# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

*Possibili risposte: (a) forza aspirante esercitata sul liquido; (b) forza del vuoto creato nella cannuccia; (c) pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia; (d) altre cause.*

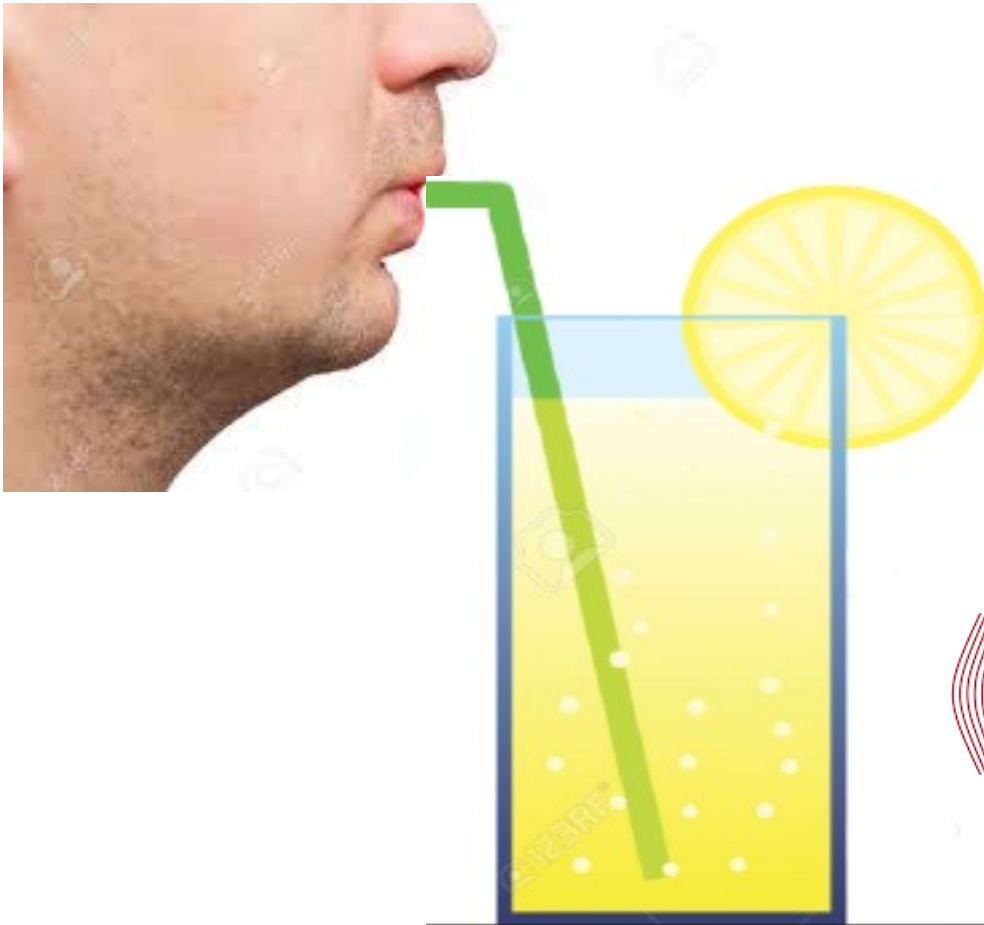




# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

Possibili risposte: (a) **forza aspirante esercitata sul liquido**; (b) **forza del vuoto creato nella cannuccia**; (c) **pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia**; (d) **altre cause**.



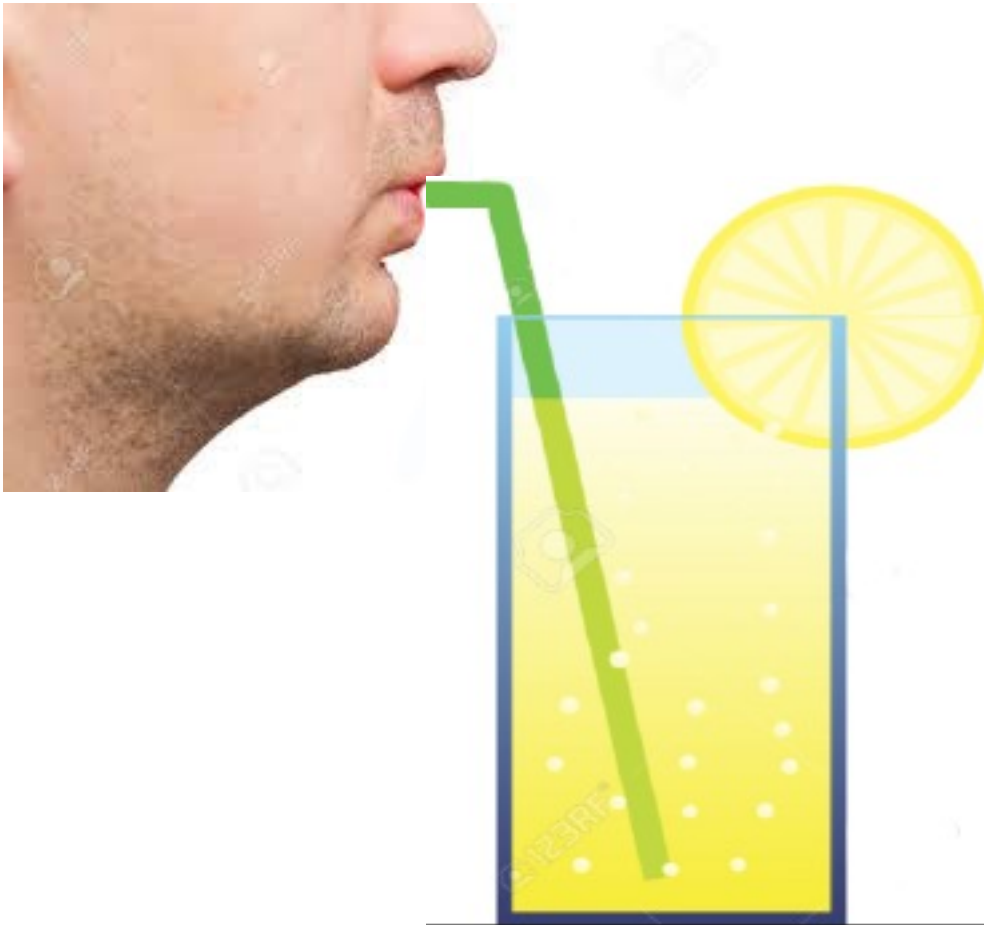
 **SENSO  
COMUNE**



# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

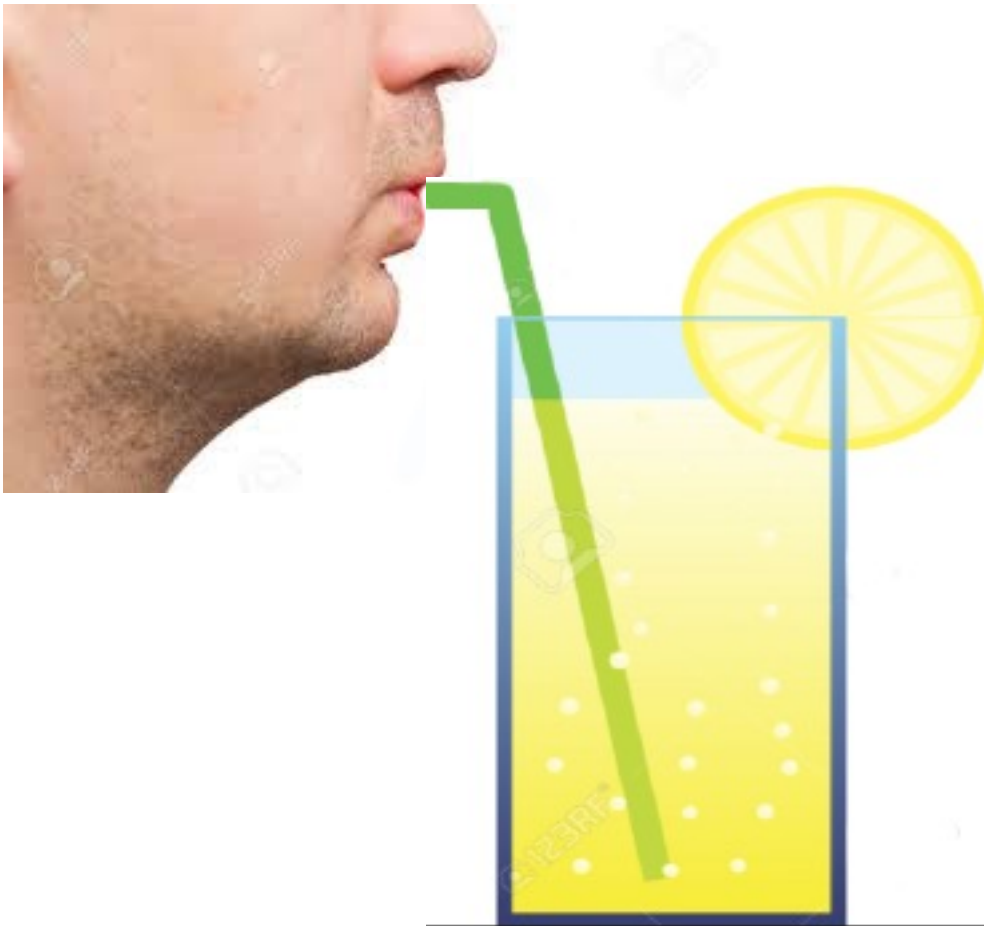
Possibili risposte: (a) ~~forza aspirante esercitata sul liquido~~; (b) *forza del vuoto creato nella cannuccia*; (c) *pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia*; (d) *altre cause*.



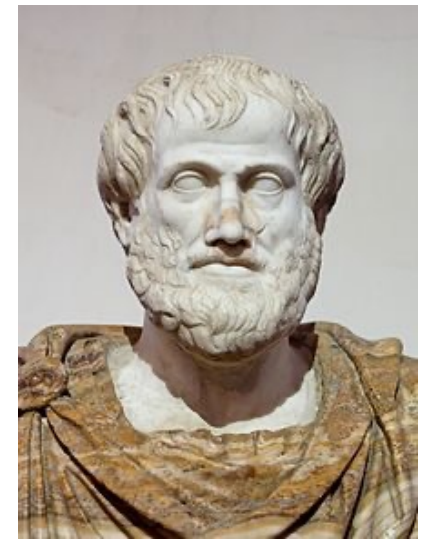
# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

Possibili risposte: (a) ~~forza aspirante esercitata sul liquido~~; (b) *forza del vuoto creato nella cannuccia*; (c) *pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia*; (d) *altre cause*.



**HORROR VACUI!**

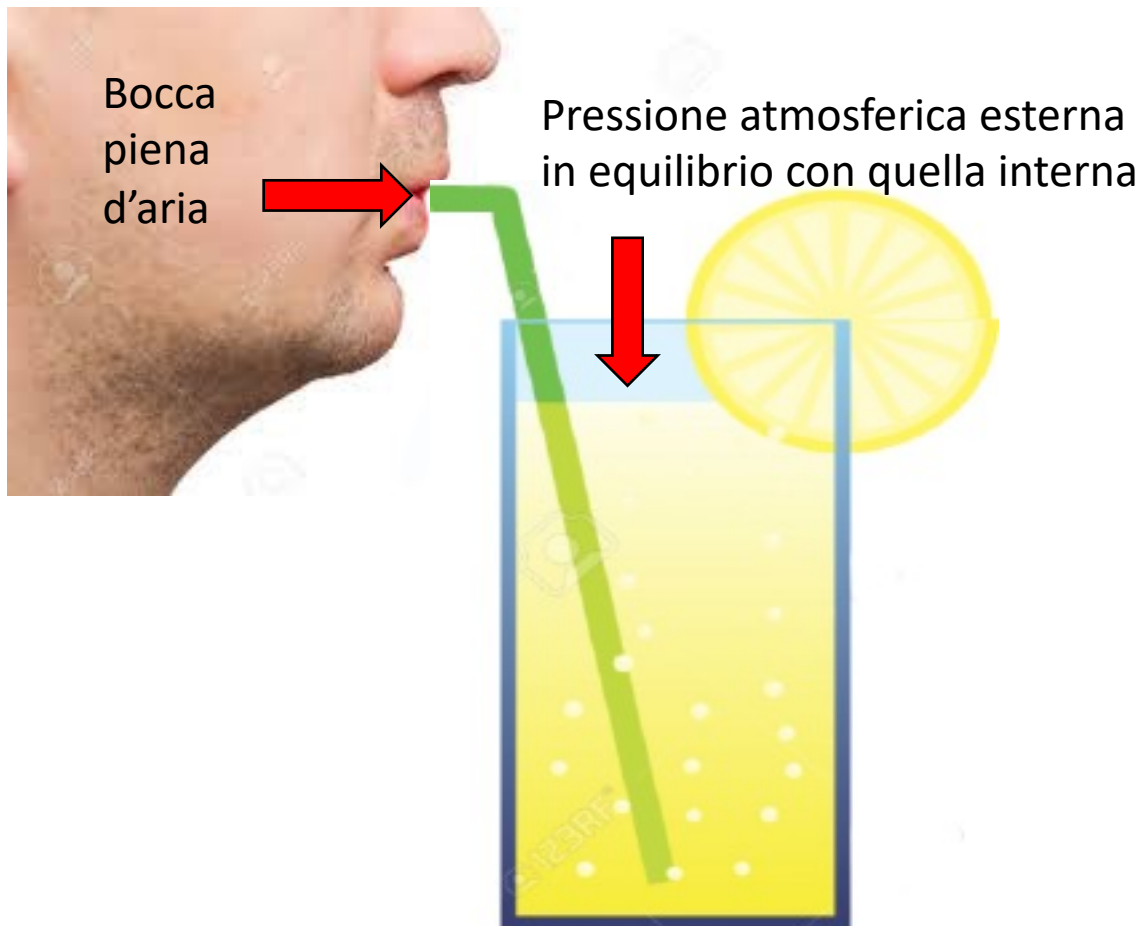


**Aristotele**  
(384 a.C.-322 a.C.)

# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

Possibili risposte: (a) ~~forza aspirante esercitata sul liquido~~; (b) ~~forza del vuoto creato nella cannuccia~~; (c) **pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia**; (d) *altre cause*.



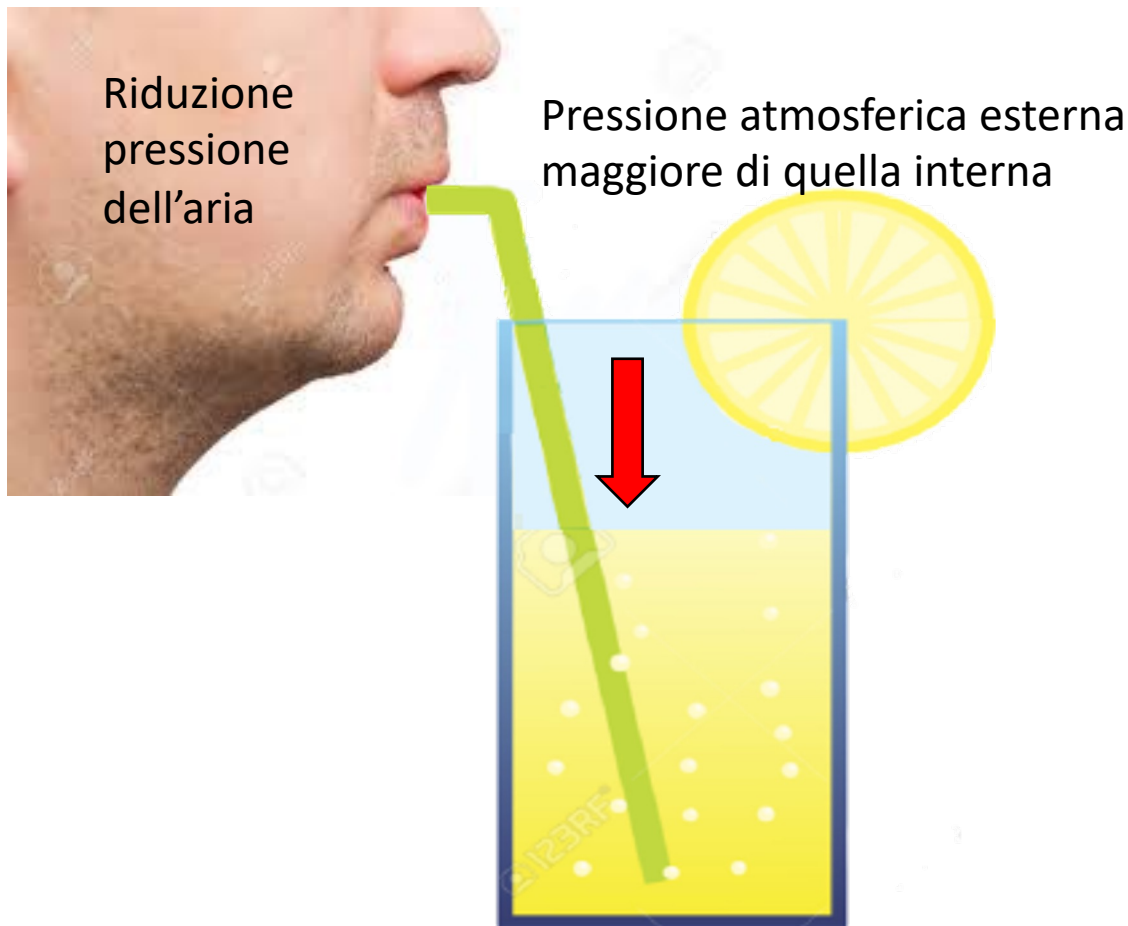
**Blaise Pascal**  
(1623-1662)



# Cominciamo con un quesito...

Qual è il meccanismo che permette di bere una bibita con la **cannuccia**?

Possibili risposte: (a) ~~forza aspirante esercitata sul liquido~~; (b) ~~forza del vuoto creato nella cannuccia~~; (c) **pressione più alta sul liquido esterno alla cannuccia**; (d) *altre cause*.



**Blaise Pascal**  
(1623-1662)

# La spiegazione di Pascal

TRATTATO SUL PESO DELLA MASSA DELL'ARIA, II (1654)

*VII. Il peso della massa dell'aria è la causa dell'attrazione che si verifica succhiando*



È necessaria adesso soltanto una parola per spiegare perché, quando si mette la bocca sull'acqua e si succhia, l'acqua viene aspirata; infatti, sappiamo che il peso dell'aria preme l'acqua in tutte le sue parti, tranne quelle che sono a contatto con la bocca, perché l'aria le tocca tutte, eccetto quest'ultima. Da ciò si deduce che, quando i muscoli della respirazione, alzando il torace, accrescono la capacità dell'interno del corpo più grande, l'aria interna, avendo più spazio da riempire di quanto non ne avesse prima, ha meno forza per impedire all'acqua di entrare nella bocca, di quanto l'aria esterna – che pesa su quest'acqua in tutte le parti tranne in questa – non ne abbia per farvela entrare.

Ecco la causa di quest'attrazione, che non differisce in nulla dall'attrazione delle siringhe.

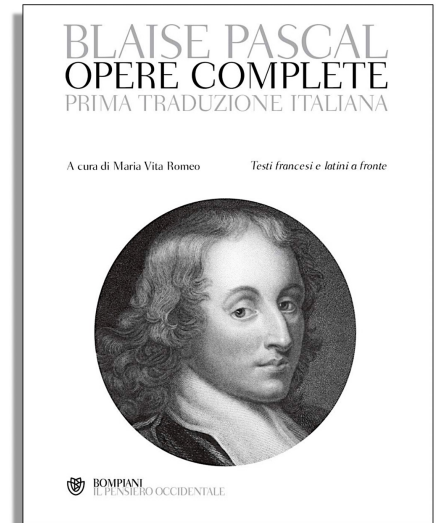
# La spiegazione di Pascal

TRATTATO SUL PESO DELLA MASSA DELL'ARIA, II (1654)

*VII. Il peso della massa dell'aria è la causa dell'attrazione che si verifica succhiando*

È necessaria adesso soltanto una parola per spiegare perché, quando si mette la bocca sull'acqua e si succhia, l'acqua viene aspirata; infatti, sappiamo che il peso dell'aria preme l'acqua in tutte le sue parti, tranne quelle che sono a contatto con la bocca, perché l'aria le tocca tutte, eccetto quest'ultima. Da ciò si deduce che, quando i muscoli della respirazione, alzando il torace, accrescono la capacità dell'interno del corpo più grande, l'aria interna, avendo più spazio da riempire di quanto non ne avesse prima, ha meno forza per impedire all'acqua di entrare nella bocca, di quanto l'aria esterna – che pesa su quest'acqua in tutte le parti tranne in questa – non ne abbia per farvela entrare.

Ecco la causa di quest'attrazione, che non differisce in nulla dall'attrazione delle siringhe.

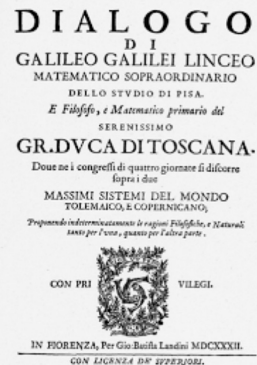
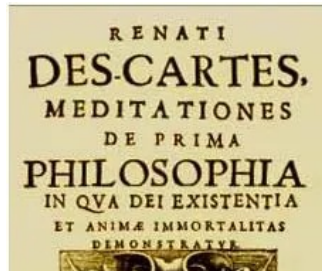


<http://www.cespes.unict.it>



# Pascal e il Vuoto

Nel Seicento le questioni dell'esistenza del vuoto e del peso dell'aria erano al centro di un fecondo dibattito che coinvolse ricercatori, filosofi naturali e scienziati europei, tra cui **Galilei, Baliani, Hobbes, Descartes, Torricelli, Mersenne, Boyle, Hooke, Roberval, Gassendi, Kircher** e, ovviamente, **Pascal**, e costituiscono l'oggetto principale dei suoi *Scritti sul Vuoto* (1646-51).



IN FIRENZE M. DCC. XV.  
Istap. di S. A. R. Per Jacopo Giudiccio, e Savio Franchi.  
Con Licenza de' Superiori.



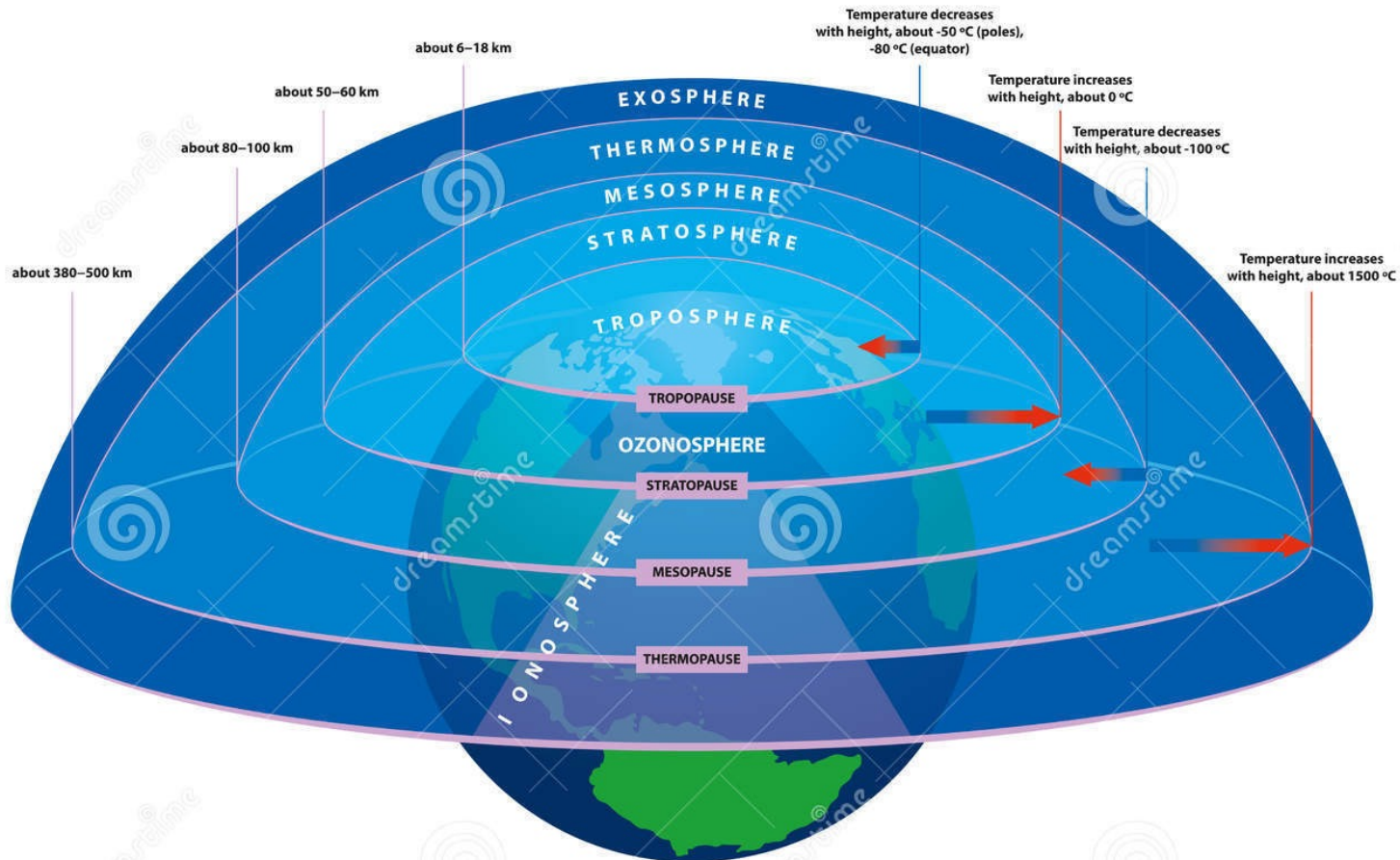
# Pascal e il Vuoto

Le tesi pascaliane si sviluppano, oltre che su un preciso impianto teorico, attraverso l'utilizzazione e la successiva **delegittimazione dei diversi fenomeni precedentemente considerati a sostegno dell'*horror vacui*** e fondati essenzialmente sul **principio di autorità aristotelico**, a cui Pascal contrappone il nascente **metodo scientifico induttivo fondato sull'esperimento**. Le tradizionali argomentazioni a favore dell'*horror vacui* vengono quindi, da Pascal, ripresentate come **prove sperimentali a sostegno della pressione atmosferica** (si vedano i «*Nuovi esperimenti sul vuoto*» del 1646).



# Pascal vs Descartes

Grazie ai suoi **esperimenti, compiuti con l'aiuto del cognato Florin Périer sul vulcano Puy-de-Dôme**, Pascal osservò che la pressione atmosferica decresce con l'altezza e dedusse che a un certo punto, **al di sopra dell'atmosfera, doveva esistere il vuoto.**





# Pascal vs Descartes

Grazie ai suoi **esperimenti, compiuti con l'aiuto del cognato Florin Périer sul vulcano Puy-de-Dôme**, Pascal osservò che la pressione atmosferica decresce con l'altezza e dedusse che a un certo punto, **al di sopra dell'atmosfera, doveva esistere il vuoto.**

Proprio di questo ebbe modo di **discutere con Descartes** che lo venne a trovare per un paio di giorni nel settembre **1647.**



# Pascal vs Descartes

**Descartes**, che **non credeva all'esistenza del vuoto** e che – come abbiamo visto nelle lezioni precedenti – aveva elaborato una complessa teoria di **vortici** per spiegare il moto dei corpi celesti in uno spazio, appunto, non vuoto ma contenente diversi tipi di materia, **scrisse ad Huygens della visita a Pascal commentando:**



Ha troppo vuoto in testa!

# Pascal vs Descartes

Ma è possibile, oggi, stabilire definitivamente chi dei due avesse ragione?

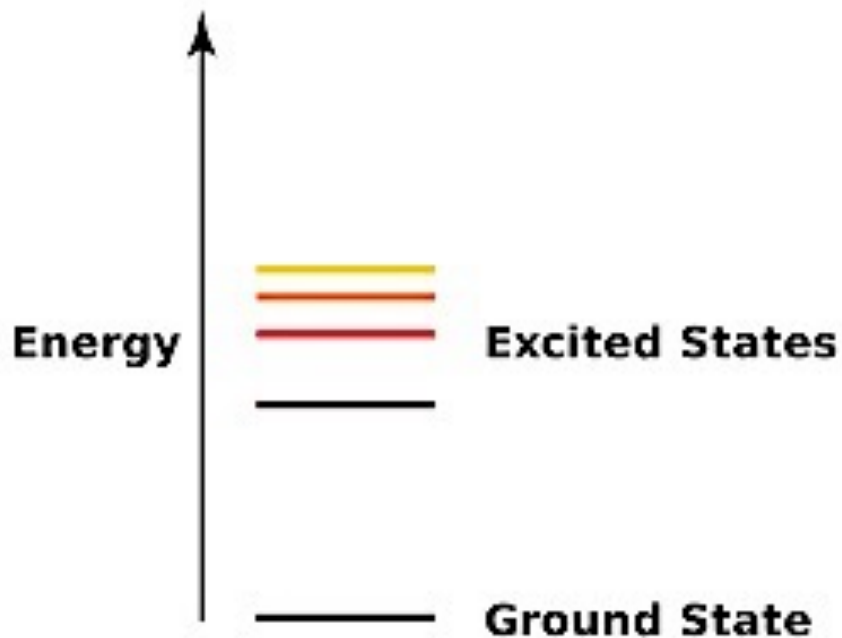
Esiste o non esiste il vuoto assoluto?

C'è differenza tra il «vuoto» e il «nulla»?



# Il Vuoto nella Fisica Moderna

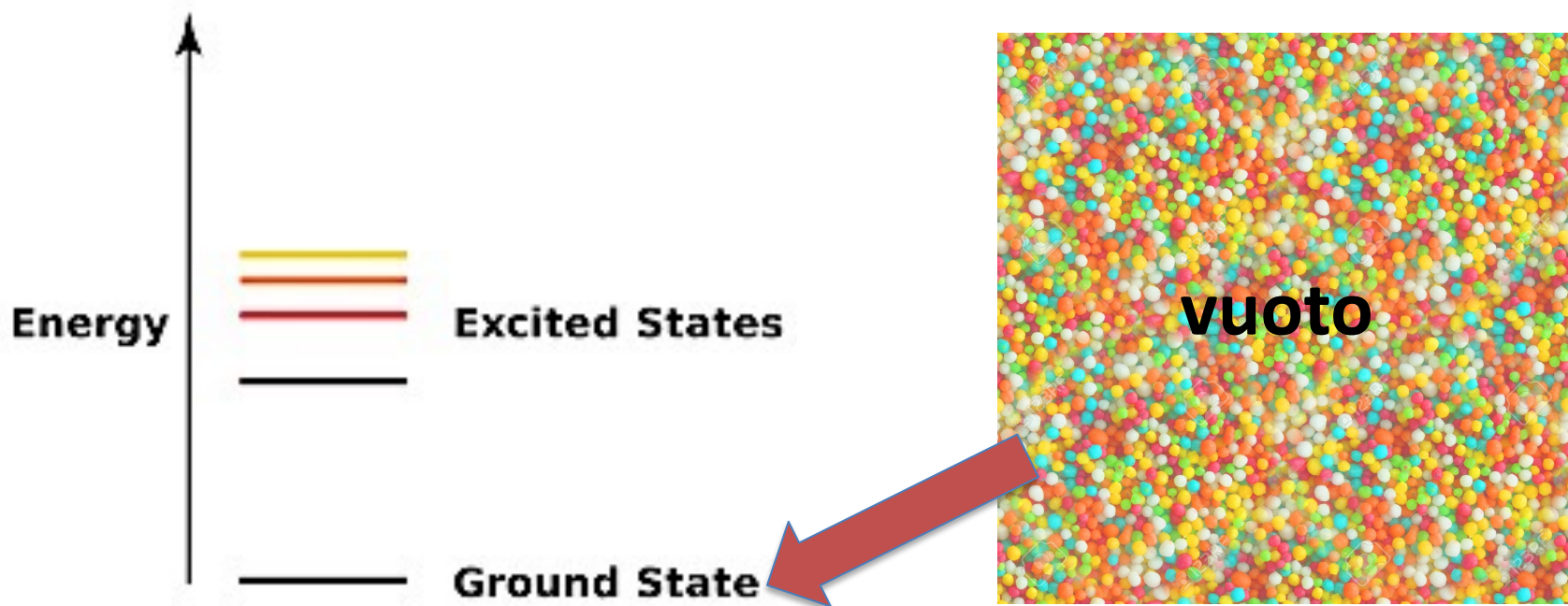
Per i fisici, oggi, il **vuoto non è il puro 'nulla'** ma, piuttosto, è lo *stato di minima energia*. Per questo, sarebbe meglio chiamarlo **'stato fondamentale'** (*ground state* o *quantum vacuum* o *zero-point energy*).





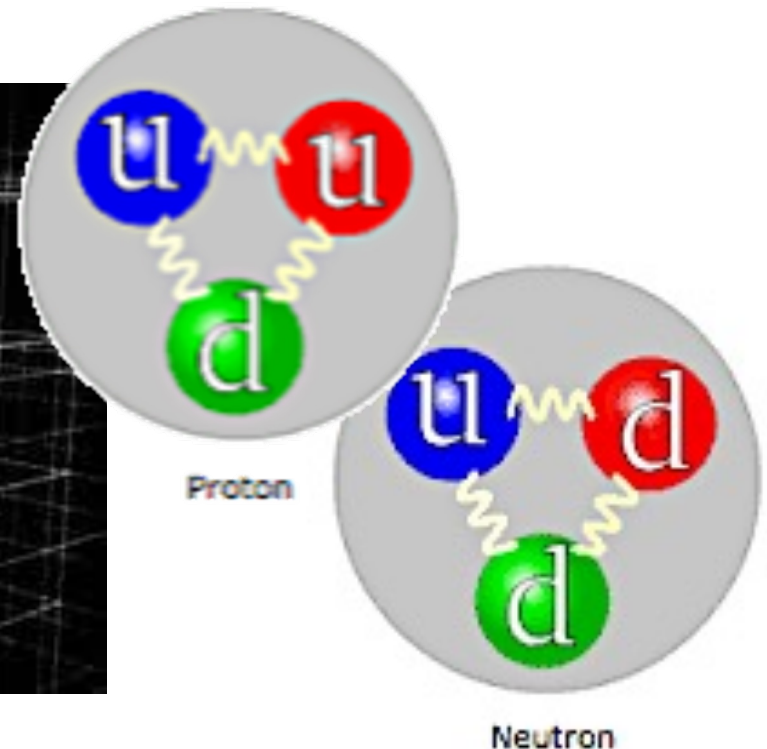
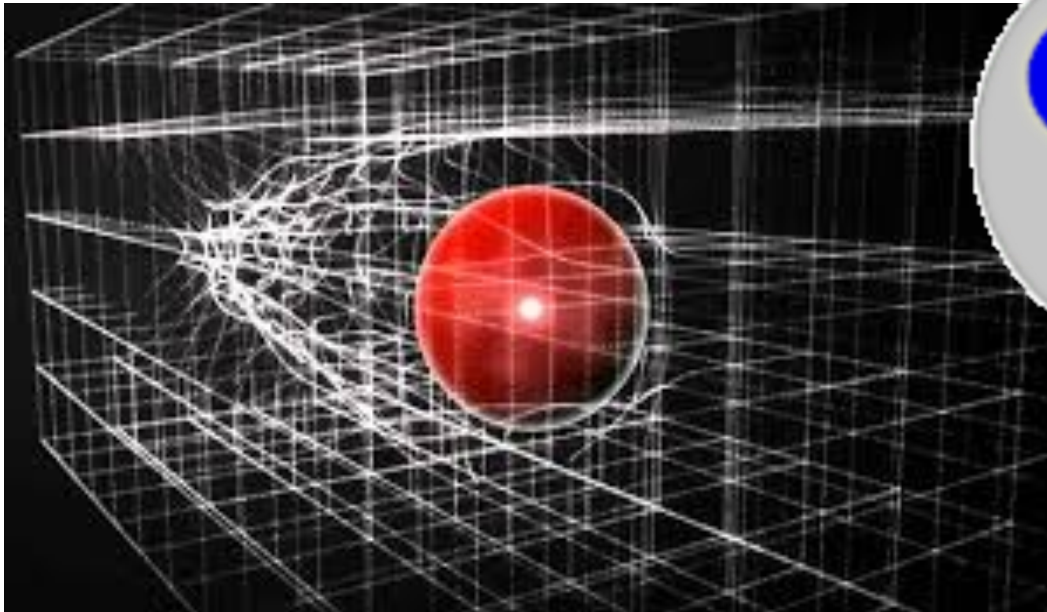
# Il Vuoto in Fisica

Infatti, tenendo conto dell'equivalenza tra massa ed energia e delle varie forme di interazione, ci si è convinti che **l'energia risulta minima** non quando lo spazio è banalmente vuoto ma piuttosto quando viene *uniformemente riempito di quanti elementari...*



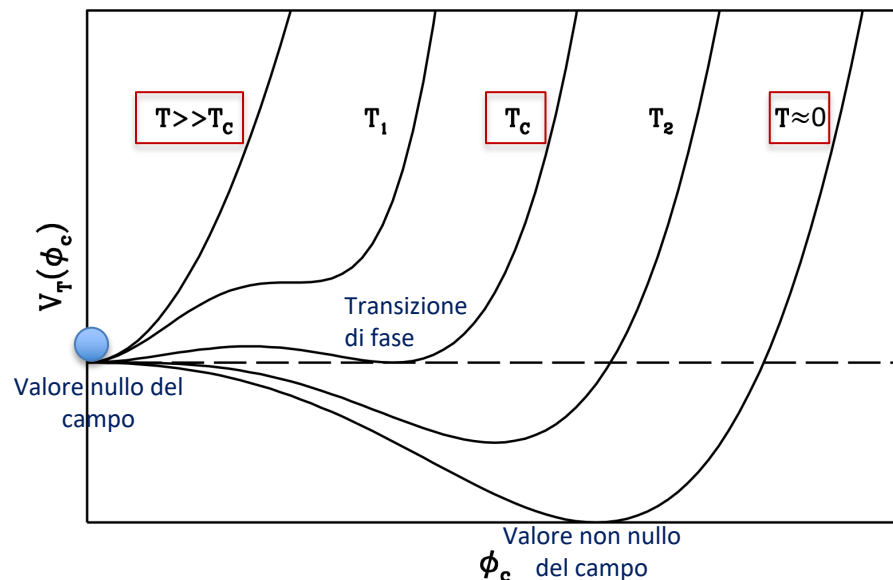
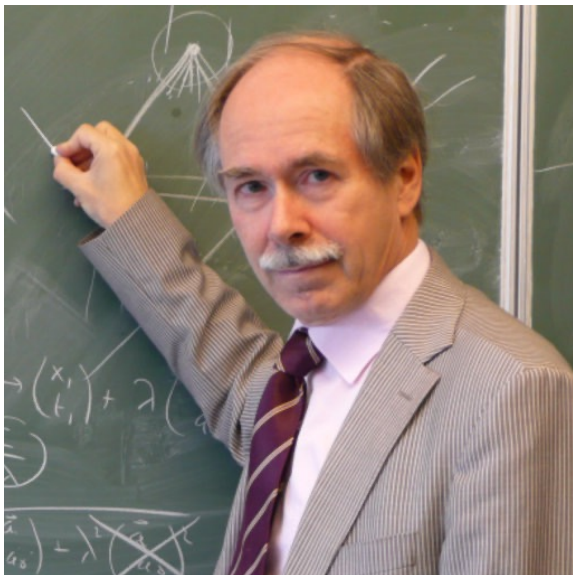
# La Condensazione del Vuoto

Questo fenomeno, detto comunemente «**condensazione del vuoto**» (*vacuum condensation*), viene oggi introdotto per spiegare alcuni aspetti essenziali della fisica delle particelle, quali per esempio *l'origine della massa* o la *non-osservabilità di quarks isolati*...



# Il Condensato di Higgs

«Quello che noi vediamo come spazio vuoto non è altro che la configurazione del **campo di Higgs di energia minima**. Se traduciamo dal linguaggio del campo a quello delle particelle, questo significa che quello che vediamo come **spazio vuoto** è in realtà riempito di quanti del campo di Higgs che sono **condensati**» (**G.'t Hooft**, premio Nobel **1999** per la fisica)



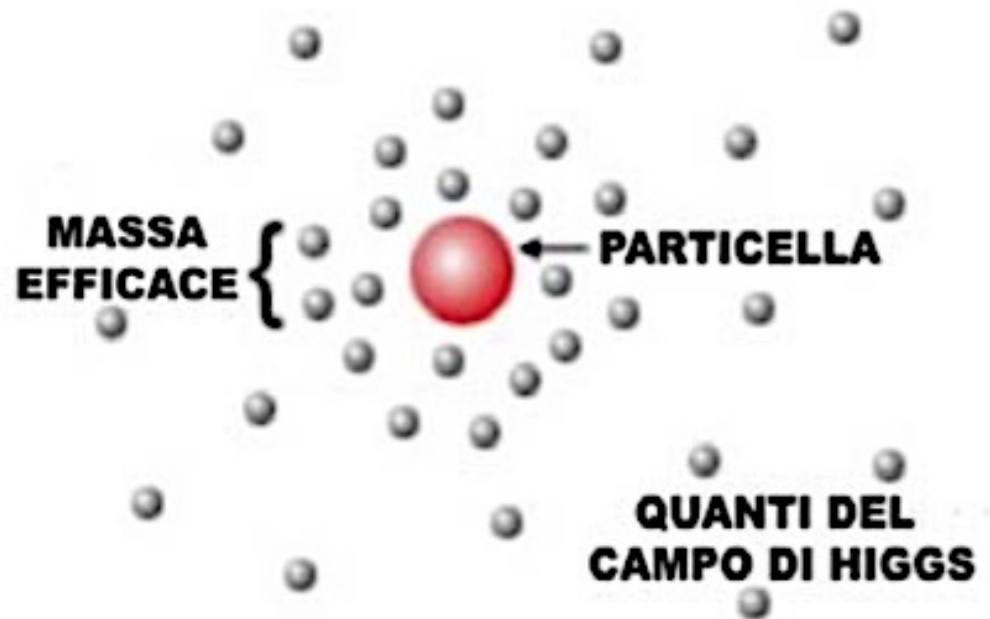
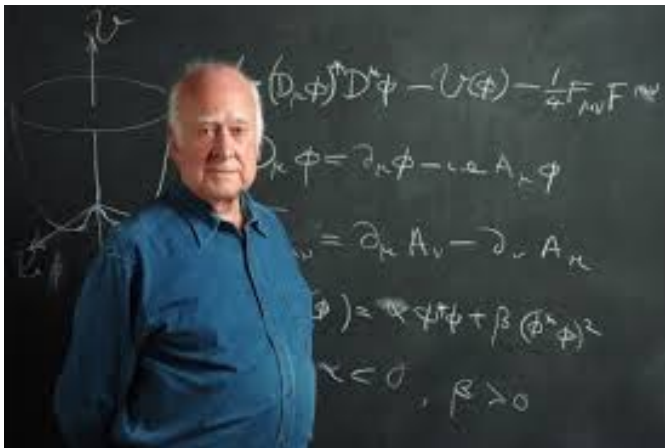
Variatione del **potenziale efficace** in funzione del **valor medio del campo di Higgs** per diversi valori della temperatura. La situazione di oggi dovrebbe corrispondere ad una temperatura appena superiore allo zero assoluto. **Ecco perché esiste qualcosa invece che il nulla!**

# Il Condensato di Higgs

Nel **1964 Brout, Englert e Higgs** mostrarono che un **valore medio del campo di Higgs diverso da zero nel vuoto** è in grado di generare le masse di tutte le **particelle** che compongono la materia nota, le quali andrebbero allora pensate come ***eccitazioni del vuoto***.

**Peter Higgs**

Premio Nobel 2013 per la fisica



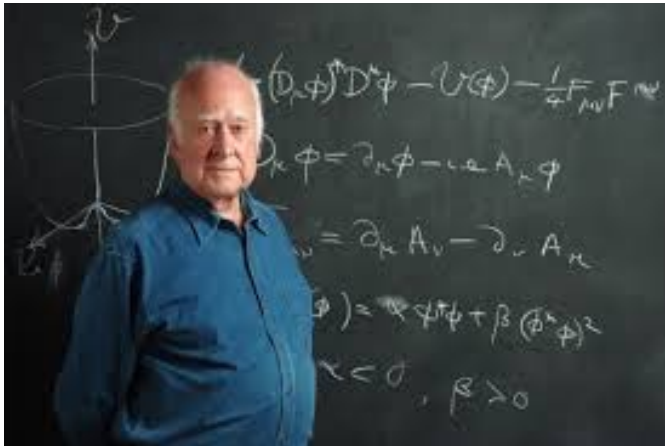


# Il Condensato di Higgs

Anche lo stesso **Bosone di Higgs**, ad esempio, rappresenterebbe *una eccitazione quantizzata del condensato* (**NON** i quanti del condensato) e può essere intuitivamente paragonato ad uno di quei fenomeni, come le **onde di compressione**, che si verificano nella materia quando viene perturbata dal suo stato di equilibrio.

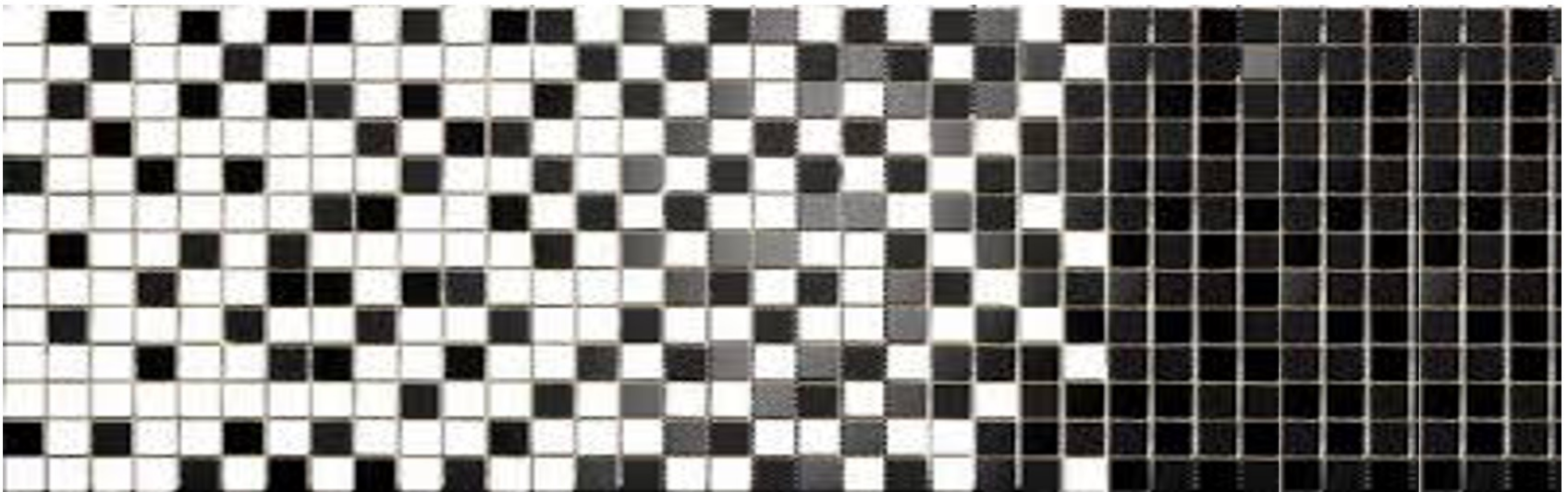
**Peter Higgs**

Premio Nobel 2013 per la fisica



# Proprietà dei Condensati

In questa descrizione, i quanti che «condensano», **o non possiedono alcuna qualità specifica** (per esempio hanno tutti individualmente momento spaziale zero, carica elettrica zero, spin zero, come i quanti del campo di Higgs), **oppure**, se hanno caratteristiche definite (per esempio valori non nulli del momento spaziale, dello spin, della carica,...), **popolano il vuoto disponendosi in modo da cancellarle reciprocamente...**



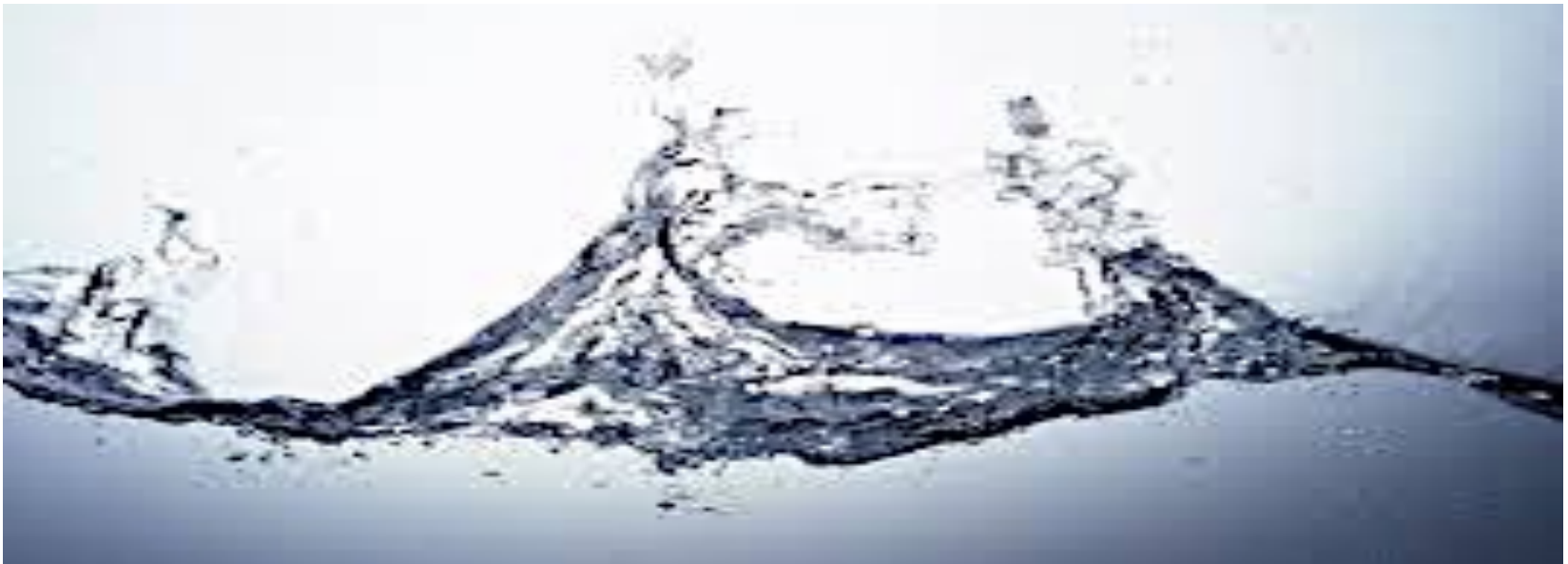
# Proprietà dei Condensati

Questo implica, per esempio, che, nei **condensati quantistici**, insieme a particelle con una certa carica elettrica, con un certo momento spaziale ed un certo spin ci sarebbero anche le loro antiparticelle con carica, momento spaziale e spin **opposti**. A causa della fondamentale *indistinguibilità* degli oggetti quantistici identici, vengono così a prodursi *infinite combinazioni equivalenti ed intercambiabili* nelle quali si *azzerano i possibili contrari...*



# Il Vuoto come Substrato Elusivo

Dunque, il vuoto sarebbe **difficile da percepire** non perché è il 'nulla' ma perché è un **substrato elusivo**, **che non mostra alcun carattere definito e che si manifesta solo in modo indiretto** (ad esempio, appunto, generando la massa delle particelle elementari). Un qualcosa che, potremmo dire metaforicamente, **risulta incolore, insapore, inodore... perché include in sé tutti i possibili colori, sapori, odori...**





# Il Vuoto e l'Etere

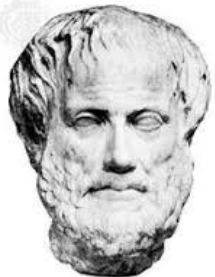
In realtà, l'idea che quello che ci appare come spazio vuoto sia permeato da un **substrato fondamentale** non è certo nuova. **A questo tipo di spazio strutturato è stato dato storicamente il nome di 'etere'...**



# L'Etere

Questa entità, rappresentata in **molteplici forme in epoche diverse**, ha influenzato tutto il pensiero filosofico e scientifico moderno dal Seicento in poi. **L'origine ultima del termine risale però ad un passato molto più remoto ed affonda le sue radici nell'antico pensiero greco**, in particolare nelle riflessioni di **Aristotele (384-322 a.C.)...**





# L'Etere

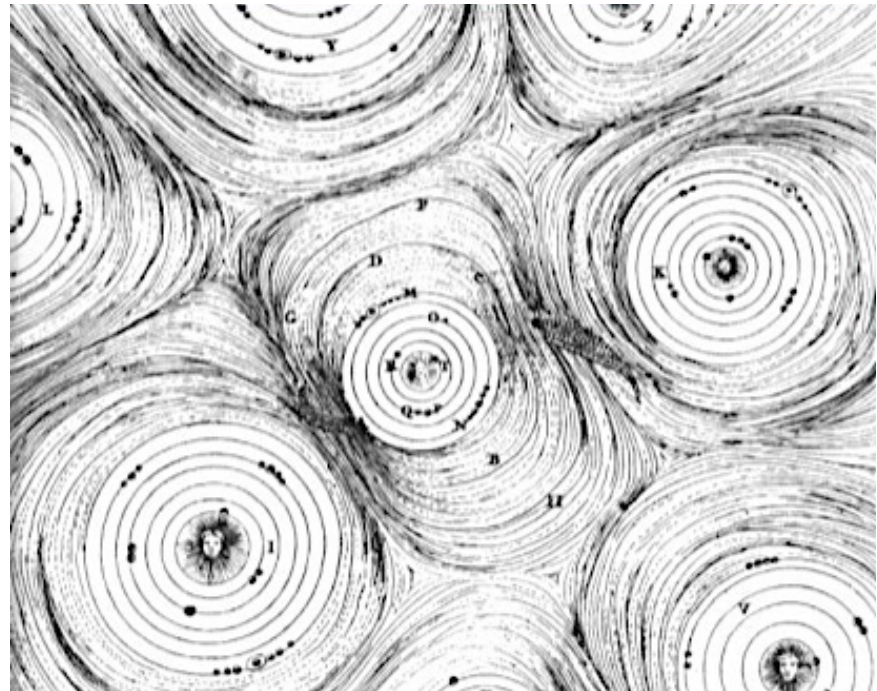


Nel *'De Caelo'*, ad esempio, Aristotele introduce l'etere come quella «**sostanza di cui sono fatti i cieli**». Esso si troverebbe in un **perenne stato di moto circolare** e si caratterizzerebbe per la sua incorruttibilità, non essendo soggetto ad invecchiamento, alterazioni o altre affezioni che caratterizzano la materia ordinaria. Per questo motivo, **Aristotele** lo chiama '**corpo primo**' e fa risalire l'origine del termine ad un passato ancora più antico: «**Considerando il corpo primo come un'altra sostanza ("quintessenza") oltre a terra, fuoco, aria e acqua, gli antichi chiamarono il luogo eccelso etere (aither) e gli diedero questo nome perché esso scorre sempre nell'eternità del tempo**» (da **aei**=sempre e **thein**=scorrere – cfr. «mito degli Antichi» di Newton).



# L'Etere

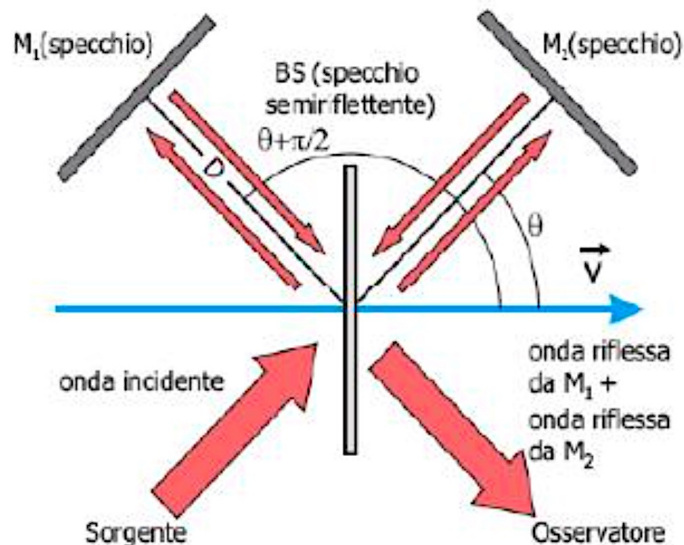
Anche per **Descartes**, alle cui idee sul vuoto abbiamo già accennato, **l'etere** era il «**mezzo sottile**» che riempie lo spazio, uno dei tre fondamentali elementi materiali costitutivi del Cosmo, che nel suo **turbinare vorticoso** (messo in moto da Dio) trascina con sé i corpi celesti, che in esso «**galleggiano**» come tappi di sughero in un mulinello d'acqua.





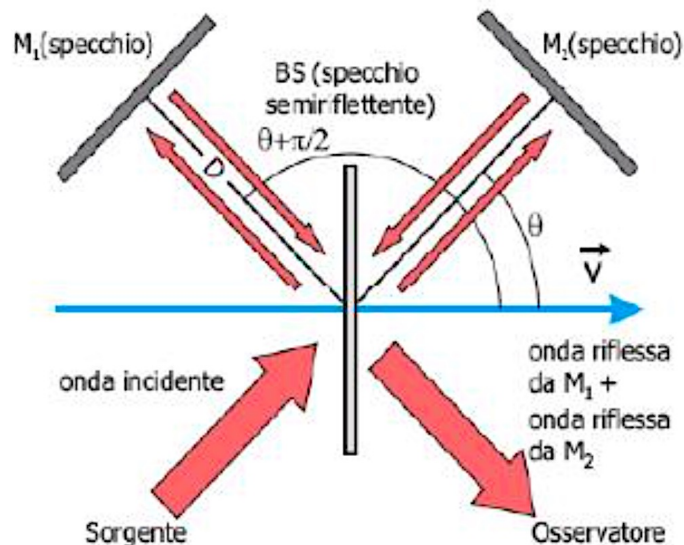
# Gli Esperimenti di Ether-Drift dell'800

Come sappiamo, il ruolo dell'etere divenne fondamentale nella **fisica dell'Ottocento**, dove veniva identificato come **mezzo di propagazione delle onde elettromagnetiche** ed era il fondamento di una vera e propria teoria, detta appunto **'teoria dell'etere'**. I primi problemi nacquero proprio alla fine dell'Ottocento, con una serie di esperimenti, i cosiddetti **esperimenti di 'ether-drift'** (il più noto dei quali è quello di **Michelson e Morley del 1887**), eseguiti con **interferometri ottici** via via sempre più sensibili.



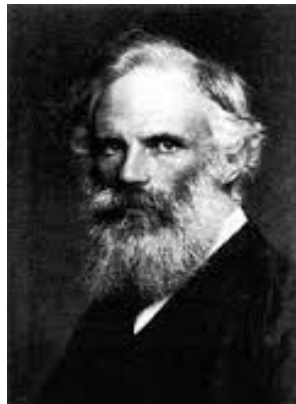
# Etere come "Preferential Frame"

Infatti, secondo la fisica galileiana e newtoniana, l'etere avrebbe dovuto rappresentare un **sistema di riferimento assoluto** (o *preferential frame*) rispetto al quale mettere in evidenza il moto di rivoluzione della Terra intorno al Sole. Invece, **nessuno di tali esperimenti** (pur dando risultati non esattamente nulli) **sembrava in grado di rivelare questo moto**, mettendo in *crisi* i fondamenti della fisica di allora, le trasformazioni di Galileo e la stessa esistenza dell'etere...



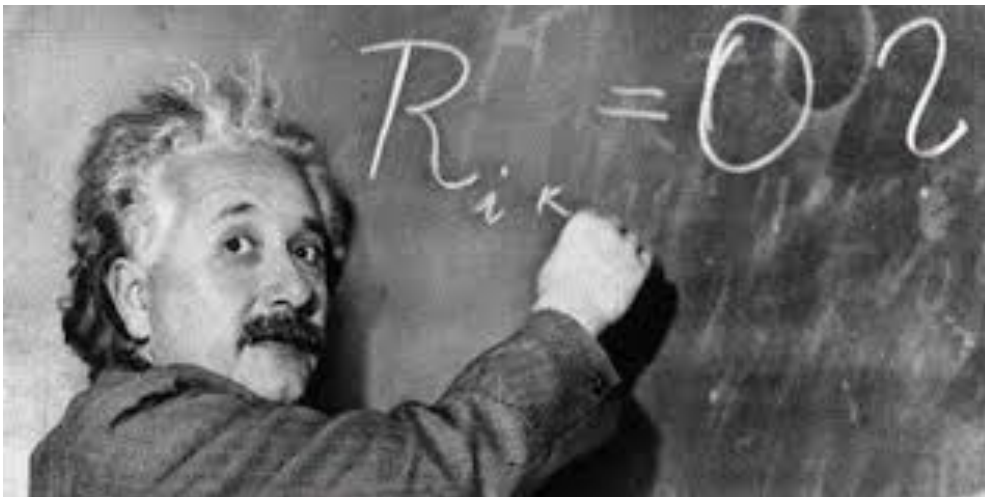
# L'Etere nella Fisica dell'Ottocento

Allo stesso tempo, però, alla fine dell'800, **questi esperimenti stimolarono le prime formulazioni di nuovi strani effetti 'relativistici'**, la dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze, da parte di studiosi come **Larmor, Fitzgerald, Lorentz e Poincaré**. Essi *continuavano a vedere nell'etere l'elemento di base* per comprendere i fenomeni elettromagnetici e arrivarono così a scoprire **il principio di relatività di Poincaré e le trasformazioni di Lorentz**, sempre cercando di spiegare come mai il moto rispetto all'etere risultasse apparentemente inosservabile.



# L'Etere e la Relatività Speciale

Ed è a questo punto che, agli inizi del '900, interviene **Einstein**. Con la sua ***Teoria della Relatività Speciale***, proponeva una visione radicalmente nuova che **non richiedeva più l'ipotesi dell'etere**. Al contrario, partendo dall'idea di uno **spazio assolutamente vuoto**, derivava gli stessi effetti relativistici delle trasformazioni di Lorentz **postulando (1) l'equivalenza di tutti i riferimenti in moto traslatorio uniforme (Principio di Relatività) e (2) eleggendo la velocità della luce a costante universale**. Di conseguenza, per una larga parte del Novecento, l'etere sembrò finire nel dimenticatoio...



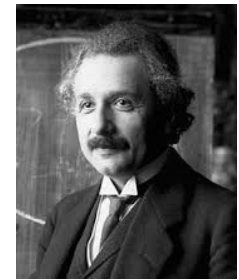
*«L'introduzione di un etere luminifero risulta essere superflua»*

A.Einstein 1905





# Due diverse visioni del Vuoto



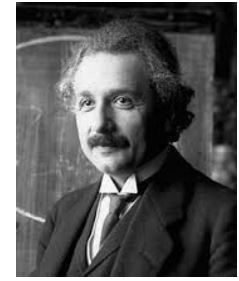
Nonostante il consenso generale, però, nel corso degli anni molti esperti hanno seriamente  **messo in dubbio**  la tradizionale  **interpretazione nulla**  degli  **esperimenti di ether-drift, che nel frattempo venivano ripetuti**  in mezzi sempre più rarefatti. Lo stesso  **Lorentz**  rimase sempre convinto che il Principio di Relatività, proposto da Poincaré e postulato da Einstein, contenesse qualcosa di arbitrario...

- *«L'etere è statico, non è fatto di parti, non è materiale; è sede del campo elettromagnetico e gravitazionale; trasporta energia nelle interazioni. La carica elettrica è una particolare trasformazione locale dell'etere»*
- *«Non posso non considerare l'etere come dotato di un certo grado di sostanzialità, per quanto diverso possa essere dalla materia ordinaria. Per questo, sembra naturale  **non**  assumere come punto di partenza che  **non**  possa mai fare alcuna differenza se un corpo si muove rispetto all'etere o no»* (Lorentz, 1909)





# Due diverse visioni del Vuoto

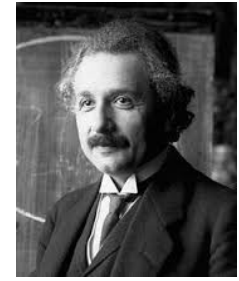


In realtà anche la posizione dello stesso **Einstein** era **mutata** profondamente in connessione con la sua visione dei **fenomeni gravitazionali** e con il passaggio, nel 1916, dalla Relatività Speciale alla nuova **Relatività Generale**, dove lo **spazio-tempo diventava un'entità deformabile** le cui proprietà metriche erano determinate dalla **materia** e dall'**energia** in esso contenuta.

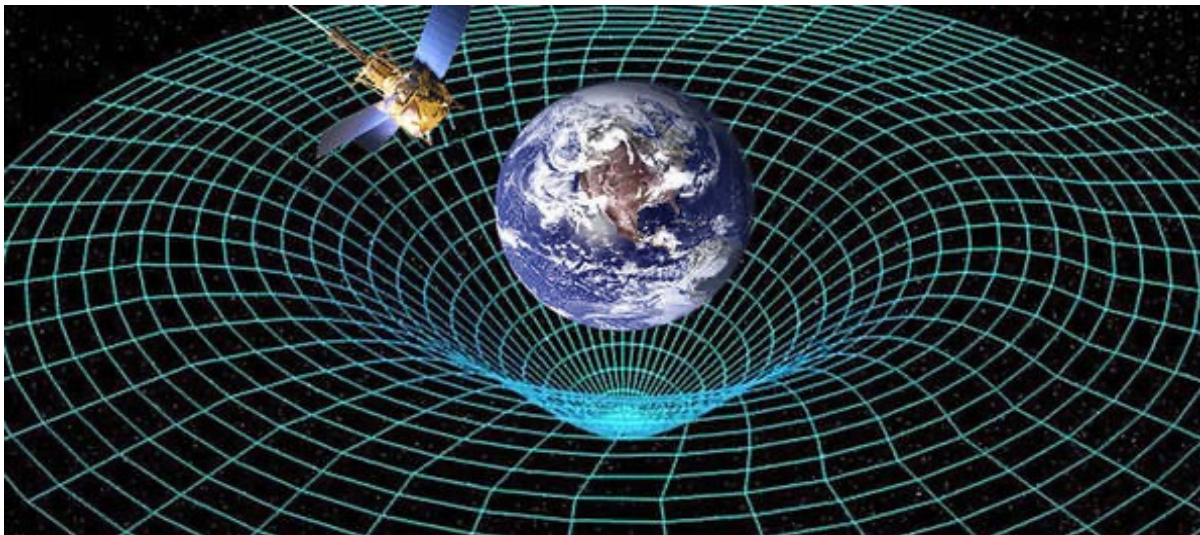




# Due diverse visioni del Vuoto



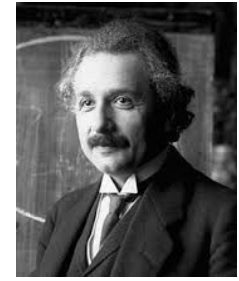
Fu immediatamente chiaro, anche allo stesso **Einstein**, che questa concezione aveva molte **analogie con la fisica dei mezzi elastici** e conduceva in modo naturale a **concepire una qualche forma di etere** (del resto, più di cinquant'anni prima, lo stesso **Riemann** aveva avuto l'intuizione di collegare fisica e geometria tramite un **etere la cui resistenza alle deformazioni si poteva leggere nelle proprietà metriche dello spazio...**).





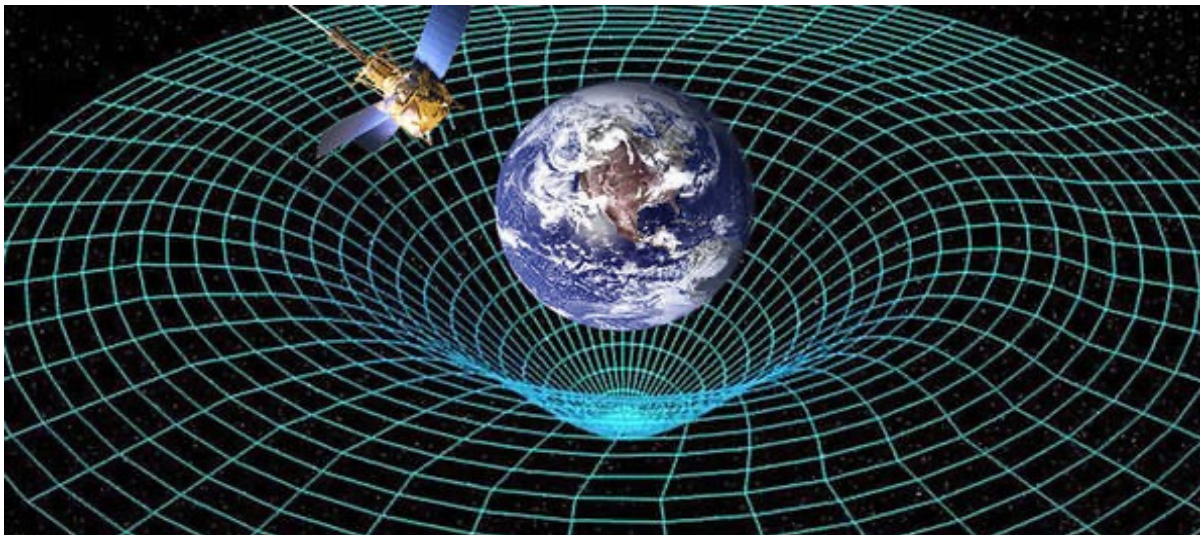


# Due diverse visioni del Vuoto



*«Nel 1905 ero convinto che non fosse più permesso di parlare di etere in fisica. Tuttavia questa opinione era troppo radicale. Secondo la relatività generale, lo spazio è dotato di proprietà fisiche. In questo senso, un etere esiste ... Si può perciò dire che l'etere è risuscitato nella teoria della relatività generale, anche se in una forma più sublimata... Secondo la teoria generale della relatività uno spazio senza etere è inconcepibile»*

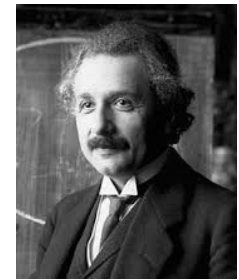
A.Einstein, Lezione a Leida 1920







# Due diverse visioni del Vuoto



*«Nel 1905 ero convinto che non fosse più permesso di parlare di etere in fisica. Tuttavia questa opinione era troppo radicale. Secondo la relatività generale, lo spazio è dotato di proprietà fisiche. In questo senso, un etere esiste ... Si può perciò dire che l'etere è risuscitato nella teoria della relatività generale, anche se in una forma più sublimata... Secondo la teoria generale della relatività uno spazio senza etere è inconcepibile»*

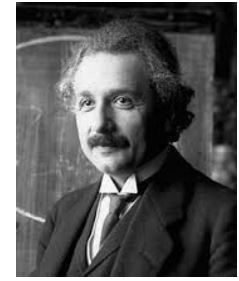
A. Einstein, Lezione a Leida 1920

«A Leida Einstein non si limitava a cercare di *"salvare il concetto di etere nell'interesse di Lorentz"*, in onore del quale la lezione era tenuta, ma aveva *"colto questa opportunità per sottolineare la crescente armonia che aveva avvertito tra il suo pensiero e quello di Lorentz"*, e per esplicitare le funzioni e le proprietà dell'etere che erano essenziali alla sua concezione matura. Senza un etere, proseguiva Einstein, *"non vi è alcuna propagazione della luce, e non vi sarebbe alcuna possibilità di esistenza per i regoli e gli orologi, e di conseguenza anche per le distanze spazio-temporali nel senso della fisica..."*»

B. Giusti Doran, *"Dalla concezione della meccanica alla concezione della natura"* 1981



# Due diverse visioni del Vuoto



*«Nel 1905 ero convinto che non fosse più permesso di parlare di etere in fisica. Tuttavia questa opinione era troppo radicale. Secondo la relatività generale, lo spazio è dotato di proprietà fisiche. In questo senso, un etere esiste ... Si può perciò dire che l'etere è risuscitato nella teoria della relatività generale, anche se in una forma più sublimata... Secondo la teoria generale della relatività uno spazio senza etere è inconcepibile»*

A.Einstein, Lezione a Leida 1920



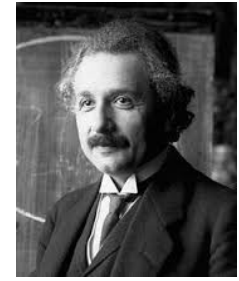
Philipp Eduard Anton von Lenard

 Premio Nobel per la fisica 1905

Purtroppo i contrasti e le dispute con il suo collega e connazionale **Philipp von Lenard**, che era rimasto uno strenuo sostenitore della teoria dell'Etere e che – come sappiamo – negli anni Trenta divenne uno dei consiglieri scientifici del **regime nazista**, scagliandosi esplicitamente contro i fisici tedeschi di origine ebraica, spinse Einstein, ormai trasferitosi definitivamente a Princeton, e per **ragioni dunque extra-scientifiche**, a **non proseguire oltre in quel suo tentativo iniziale di riabilitare il concetto di etere...**



# Due diverse visioni del Vuoto



*«La moderna concezione del vuoto dello spazio, confermata sperimentalmente giorno dopo giorno, è quella dell'etere relativistico. Ma non possiamo definirlo così, perché il termine è tabù!»*

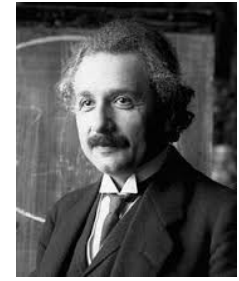
R. Laughlin, "Un Universo diverso" 2005

Richard Laughlin è stato premiato nel 1998, insieme a Horst L. Störmer e Daniel Tsui, col Nobel per la fisica per la spiegazione dell'effetto Hall quantistico frazionario.





# E' possibile riabilitare la prospettiva di Lorentz?

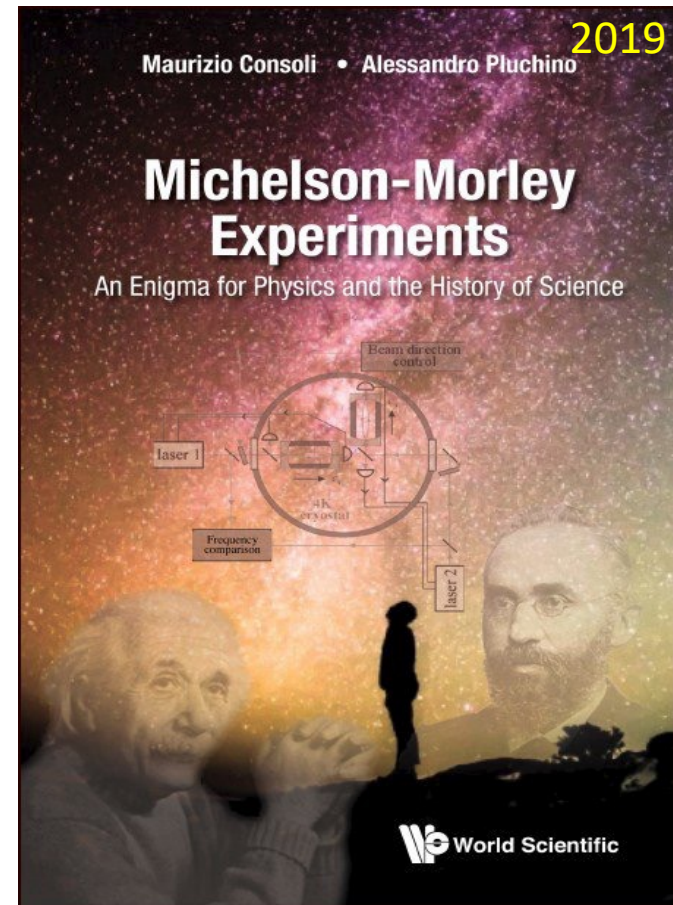
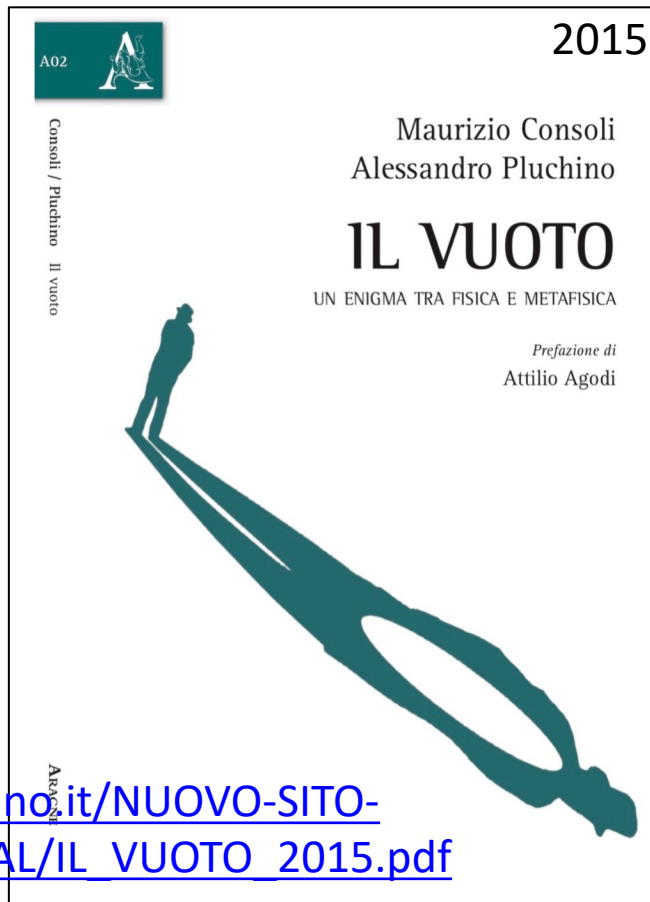


Mettendo insieme tutti gli elementi raccolti finora, diventa a questo punto naturale domandarsi se esista uno **schema alternativo** in cui i *piccoli ed irregolari residui trovati negli esperimenti di ether-drift*, e di solito considerati spuri effetti strumentali, possano acquistare un **significato fisico** definito. Questo è tanto più importante oggi, alla luce della concezione del **vuoto come condensato di quanti** elementari (*campo di Higgs, quantum vacuum, zero point energy field*). Infatti, per quanto non sia certamente l'etere pensato in origine da Lorentz, certamente esso differisce anche di più da quello spazio-tempo completamente vuoto che Einstein aveva in mente nel 1905. Per questo motivo, la formulazione di una **relatività fisicamente realizzata**, in seguito al processo di condensazione del vuoto, potrebbe **riabilitare, se pur in chiave moderna, la prospettiva di Lorentz...**



# Alla ricerca del Preferential Frame...

Negli ultimi dieci anni, con il collega **Maurizio Consoli** siamo entrati anche noi in questo dibattito (che rimane tuttora aperto) con **svariati articoli scientifici** (2011-2024, talvolta scritti anche in collaborazione con altri colleghi) e **due saggi**...

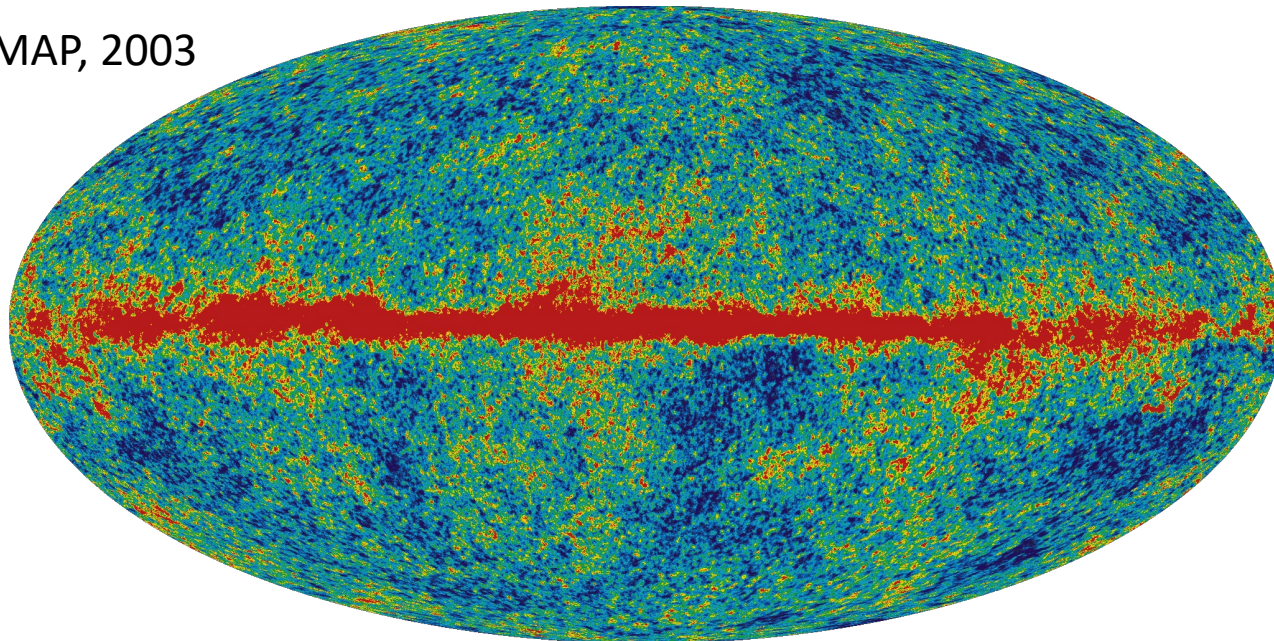


Scaricabile in pdf:  
[http://www.pluchino.it/NUOVO-SITO-2019/BOOKS\\_ET\\_AL/IL\\_VUOTO\\_2015.pdf](http://www.pluchino.it/NUOVO-SITO-2019/BOOKS_ET_AL/IL_VUOTO_2015.pdf)

# Indizi dalla Radiazione Cosmica di Fondo

L'osservazione della radiazione cosmica di fondo (in inglese **Cosmic Background Radiation = CBR**) da parte di **Penzias e Wilson** nel **1965** ha rappresentato, forse, la scoperta più importante per la nostra attuale comprensione del cosmo. Essa viene interpretata come **il residuo "fossile" di quell'esplosione primordiale da cui l'Universo avrebbe avuto origine circa 13 miliardi di anni fa, e quindi la «pistola fumante» del Big Bang.**

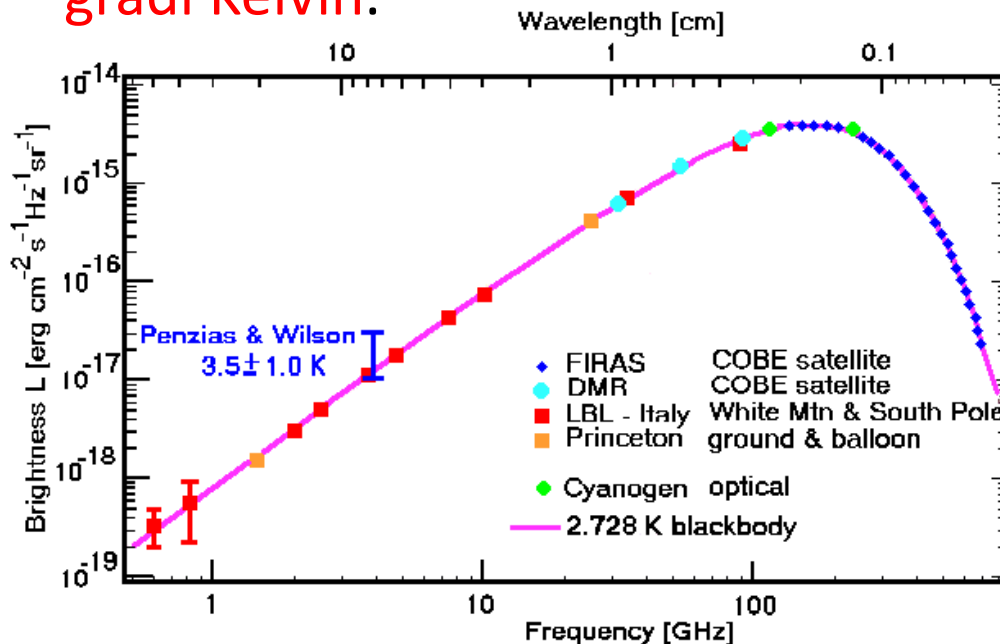
WMAP, 2003



La CBR è una sorta di fotografia dell'universo 380000 anni dopo il Big Bang, al momento del disaccoppiamento tra materia e radiazione, quando l'universo diventa «trasparente»

# Lo Spettro di Corpo nero della CBR

Secondo le **previsioni del modello cosmologico del Big Bang** (Gamow, Alpher e Herman, 1948), lo spettro di frequenza della CBR dovrebbe corrispondere al caratteristico “**spettro di corpo nero**”, il cui picco dipende dalla temperatura. Come anni di osservazioni hanno mostrato, **l'accordo** tra le misure di intensità della radiazione cosmica di fondo e la curva teorica di corpo nero è **eccellente** e si ottiene per una **temperatura di circa 2.7 gradi Kelvin**.

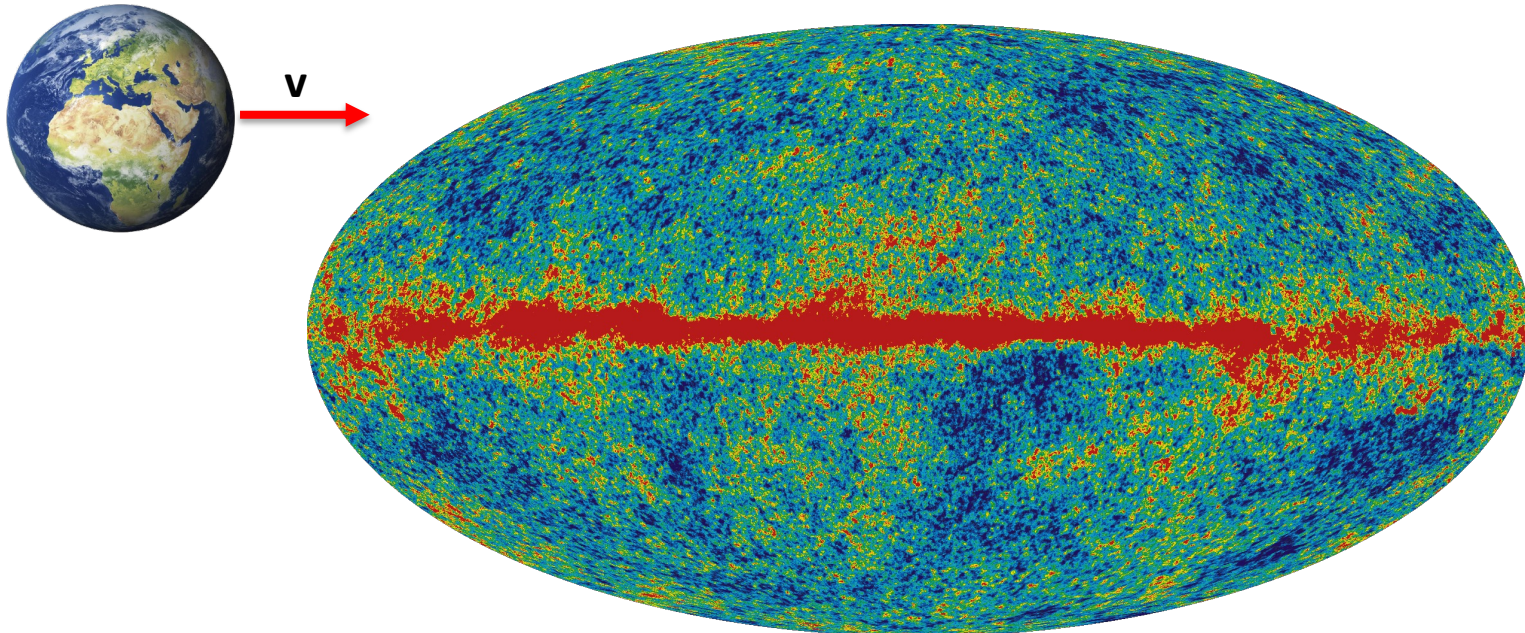


La distribuzione (spettro) dell'intensità della radiazione cosmica di fondo alla temperatura di 2.7 K, riportata in funzione della frequenza e della lunghezza d'onda, mostra un picco per lunghezze d'onda di circa un millimetro, che corrispondono alle microonde (per questo motivo la CBR viene anche chiamata CMB: Cosmic Microwave Background)



# Lo Spettro di Corpo nero della CBR

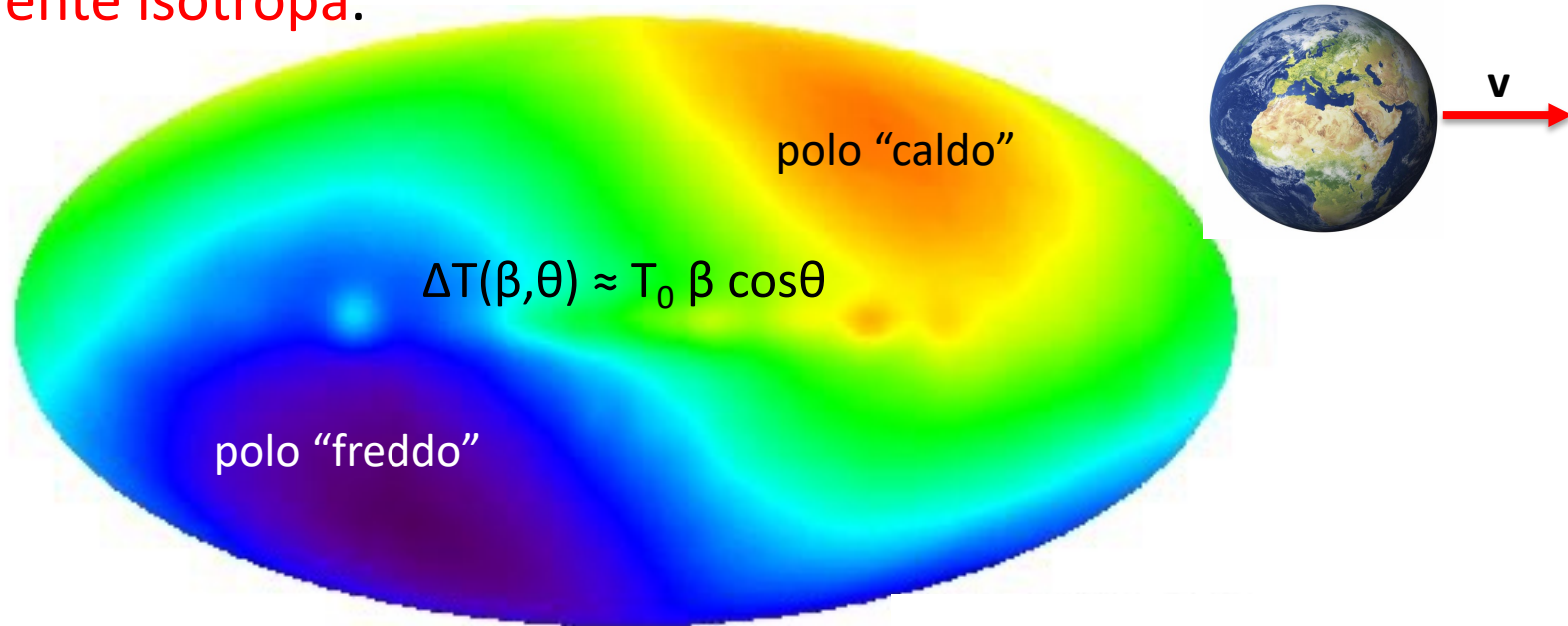
Ora, secondo la teoria della relatività, per un osservatore in moto con una certa **velocità  $v$** , **uno spettro di corpo nero a temperatura  $T_0$  si dovrebbe trasformare in un altro** ad una temperatura diversa secondo la familiare formula dell'**effetto Doppler**. Al primo ordine di approssimazione nel rapporto  $\beta = v/c$ , questo produce un **gradiente termico**, cioè una **variazione di  $T$  con l'angolo di osservazione  $\theta$** , pari a  **$\Delta T(\beta, \theta) \approx T_0 \beta \cos\theta$** .





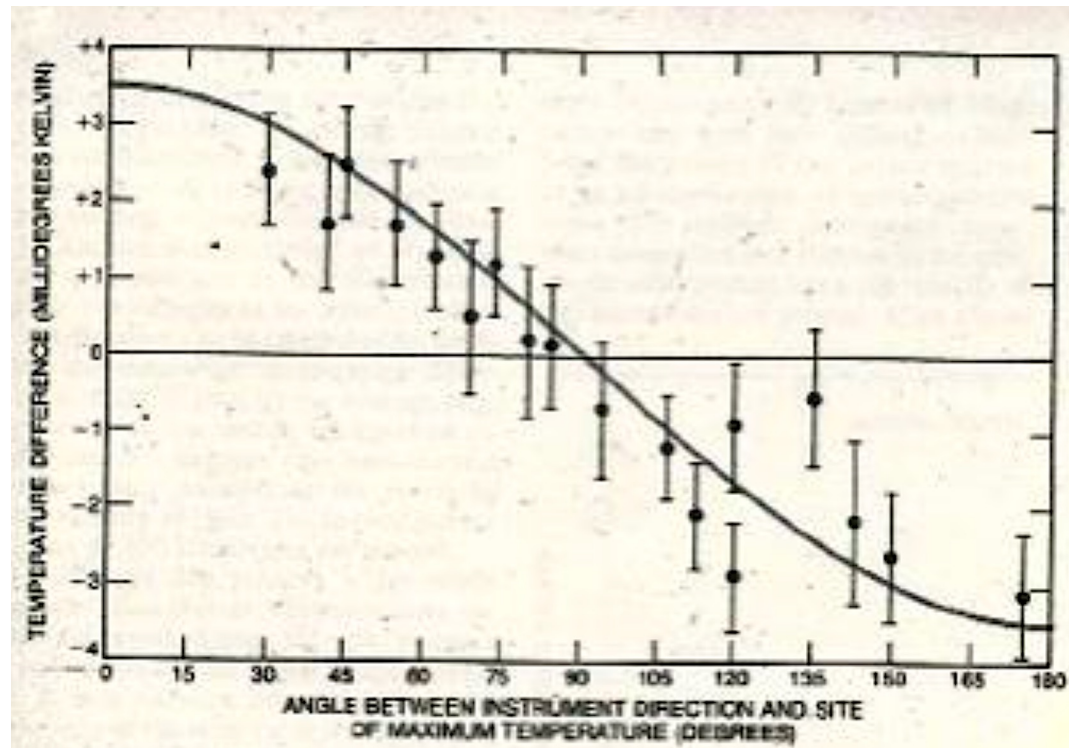
# Anisotropia di Dipolo della CBR

Poiché la temperatura varia tra un polo “caldo”, per  $\cos\theta = 1$ , ed un polo “freddo”, per  $\cos\theta = -1$ , questo gradiente termico viene anche detto **anisotropia “di dipolo”**. Dunque, misurando l’anisotropia di dipolo della CBR a  $T_0 \approx 2.7$  K, diventerebbe possibile ricavare **informazioni** sulla velocità cosmica  $v$  del nostro pianeta rispetto ad un sistema di **riferimento universale**, cioè quello in cui la radiazione di fondo ha una forma esattamente isotropa.



# Anisotropia di Dipolo della CBR

Le prime misure dell'anisotropia di dipolo della CBR furono effettuate negli **anni '70** con un **apparato a bordo di velivoli U2** a 20 km di altezza e si vide che il gradiente termico era dell'ordine di qualche **millesimo di grado Kelvin...**



R. A. Muller, *Scient. Am.* 238 (1978) 64

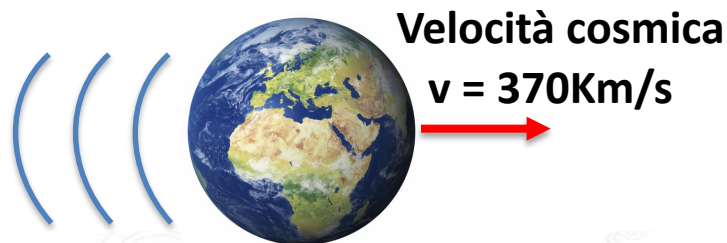
# Anisotropia di Dipolo della CBR

All'inizio degli anni '90 le misure divennero più precise, grazie soprattutto ai dati raccolti dal satellite **COBE** (COsmic Background Explorer), e **completarono l'analisi dello spettro**, confermando sia la sua forma di corpo nero che **l'anisotropia di dipolo** ( $\Delta T(\beta, \theta) = 3.353 \text{ mK}$ ) a livelli di accuratezza mai raggiunti in precedenza. Per queste misure **John C. Mather** e **George F. Smoot** hanno poi ricevuto il **premio Nobel** nel **2006**.



# La CBR come Preferential Frame?

Alla luce di queste misure, oggi l'**anisotropia di dipolo** viene interpretata in termini di un **moto cosmico del sistema solare con velocità di circa 370 km/s** verso un punto del cielo corrispondente alla **costellazione del Leone**. **Secondo lo stesso Smoot**, questa anisotropia andava vista come l'**effetto di un moto di deriva (*drift*) della Terra rispetto ad un sistema di riferimento privilegiato: quello in cui la radiazione di fondo risulta essere esattamente isotropa ed in cui la materia originaria che l'ha emessa era globalmente in quiete**. In questo senso, la radiazione di fondo poteva essere paragonata ad una qualche forma di **etere**...

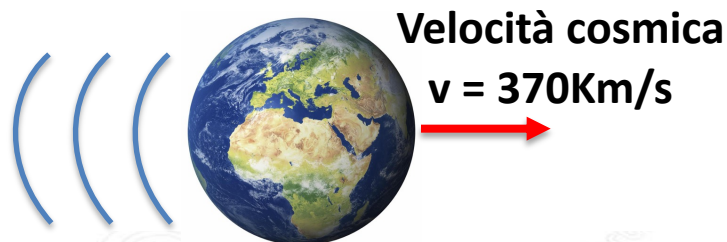




# La CBR come Preferential Frame?

«La radiazione cosmica di fondo è con grandissima approssimazione isotropa. Tale isotropia può essere presa come conferma sia della sua origine (non potrebbe esserlo se provenisse da oggetti localizzati) sia dell'isotropia dell'universo. In effetti essa è quanto di più isotropo si conosca [...]. Si presenta allora spontanea la domanda se sia possibile individuare un movimento rispetto a un tale osservatore privilegiato. La risposta è positiva: uno stato di moto rettilineo uniforme rispetto ad un osservatore localmente privilegiato comporta necessariamente la manifestazione di un effetto Doppler che si manifesta come una anisotropia di dipolo. Questo (piccolo) effetto è stato trovato sperimentalmente, ed è considerato la conferma di un moto della Terra e di tutto il sistema solare all'interno della nostra Galassia rispetto al substrato».

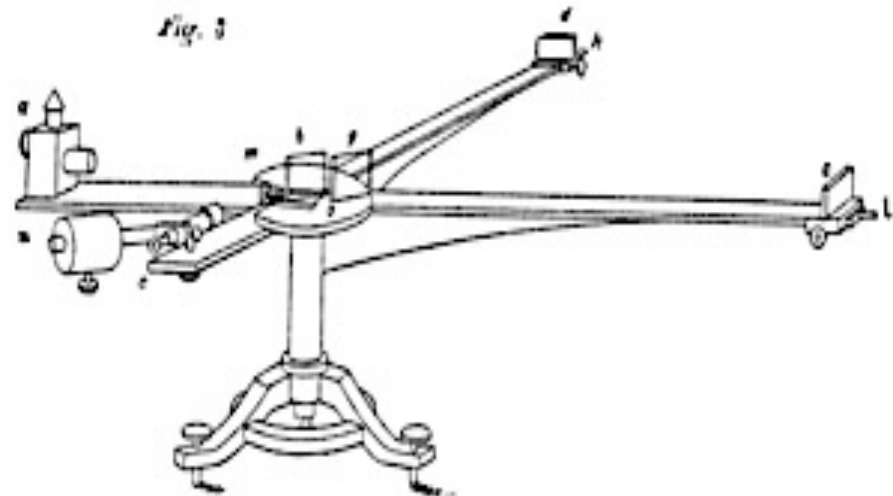
S.Bergia, "*Filosofia della Fisica*" 1997



# Rianalizzare i vecchi esperimenti...

A questo punto ci siamo chiesti: e se le minuscole irregolarità riscontrate nei vecchi esperimenti di ether-drift, ancora non del tutto comprese, fossero legate proprio a questo moto di deriva del nostro pianeta nella radiazione cosmica di fondo? Per rispondere a questa domanda abbiamo deciso di rianalizzare l'esperimento originale di **Michelson-Morley** del **1887** ed alcune delle sue prime e più accurate ripetizioni, come quelle di **Miller**, **Illingworth** e **Joos** negli **anni Venti e Trenta del secolo scorso**, in cui la luce si propagava in **mezzi gassosi...**

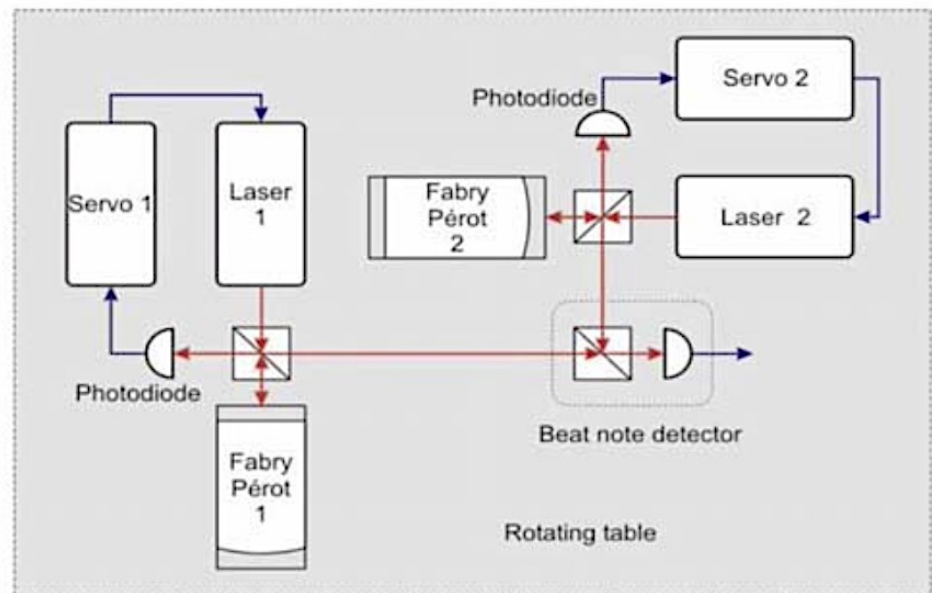
| Experiment              | Gas    |
|-------------------------|--------|
| Michelson-Morley (1887) | air    |
| Miller (1925-1926)      | air    |
| Illingworth (1927)      | helium |
| Tomaschek (1924)        | air    |
| Piccard-Stahel (1928)   | air    |
| Joos (1930)             | helium |



# Effetti strumentali o importanti indizi?

Secondo gli stessi autori degli esperimenti, pur essendo il risultato di molto inferiore al valore classicamente atteso, quei **piccoli effetti residui non avrebbero dovuto essere ignorati**. Nella maggior parte della letteratura scientifica, invece, queste **piccole anomalie** sono sempre state interpretate come tipici **effetti strumentali**, **superabili quindi con il progredire della moderna tecnologia**, dove la luce viene fatta propagare nel **vuoto** più spinto oggi disponibile (o in dielettrici solidi).

Lo schema di un moderno esperimento di ether-drift nel vuoto spinto. Le frequenze della luce dai laser sono prima stabilizzate accoppiandoli a risuonatori ottici di Fabry-Perot. Le due frequenze  $\nu_1$  e  $\nu_2$  dei segnali uscenti dai due risuonatori sono poi confrontate nel rivelatore di battimento che fornisce la differenza  $\Delta\nu = \nu_1 - \nu_2$ .



# Effetti strumentali o importanti indizi?

Secondo gli stessi autori degli esperimenti, pur essendo il risultato di molto inferiore al valore classicamente atteso, quei **piccoli effetti residui non avrebbero dovuto essere ignorati**. Nella maggior parte della letteratura scientifica, invece, queste **piccole anomalie** sono sempre state interpretate come tipici **effetti strumentali**, **superabili quindi con il progredire della moderna tecnologia**, dove la luce viene fatta propagare nel **vuoto** più spinto oggi disponibile (o in dielettrici solidi).

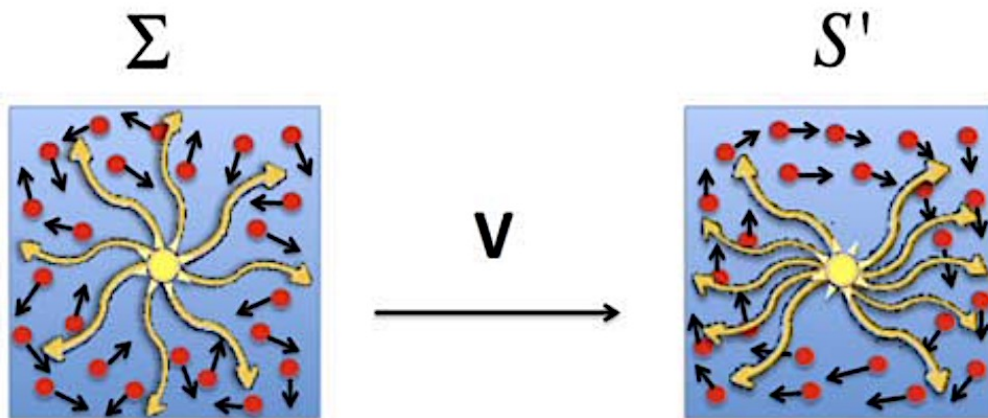
Paradossalmente, però, potrebbe essere questa **differenza tra i dispositivi sperimentali** (vuoto spinto invece che mezzi gassosi) ad aver ostacolato la rivelazione del drift...

**CHI HA DUNQUE RAGIONE?**



# Effetti strumentali o importanti indizi?

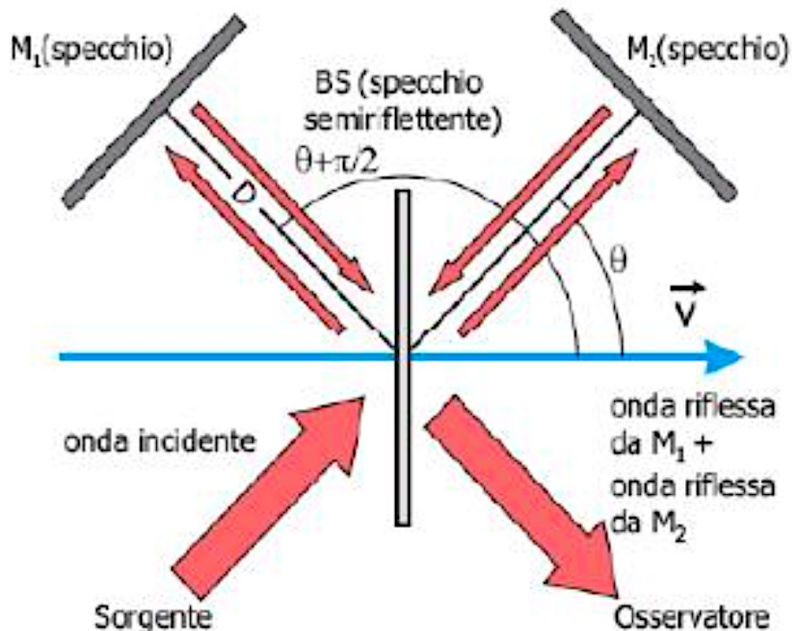
Ebbene, nella nostra analisi dei vecchi esperimenti, ci siamo resi conto che **erano proprio i mezzi gassosi a fare la differenza** e che i **piccoli residui riscontrati potevano avere un'origine "termica"**, legata cioè a differenze periodiche di temperatura di pochi millesimi di grado lungo i cammini ottici. Poiché questo è **esattamente l'ordine di grandezza del gradiente termico** che ci si aspetta considerando il **moto cosmico** della Terra rispetto alla radiazione di fondo ( $v=370$  Km/s), si trattava di valutare quale dovrebbe essere, secondo la Relatività, **l'effetto sugli esperimenti di interferenza** provocato dalla **variazione della velocità della luce** in presenza di vari mezzi gassosi...



Una raffigurazione schematizzata di come un debole flusso di energia associato al moto della Terra, agendo come un gradiente termico efficace, potrebbe indurre correnti convettive in un sistema debolmente legato come un gas e dunque influenzare la propagazione della luce...

# Effetti strumentali o importanti indizi?

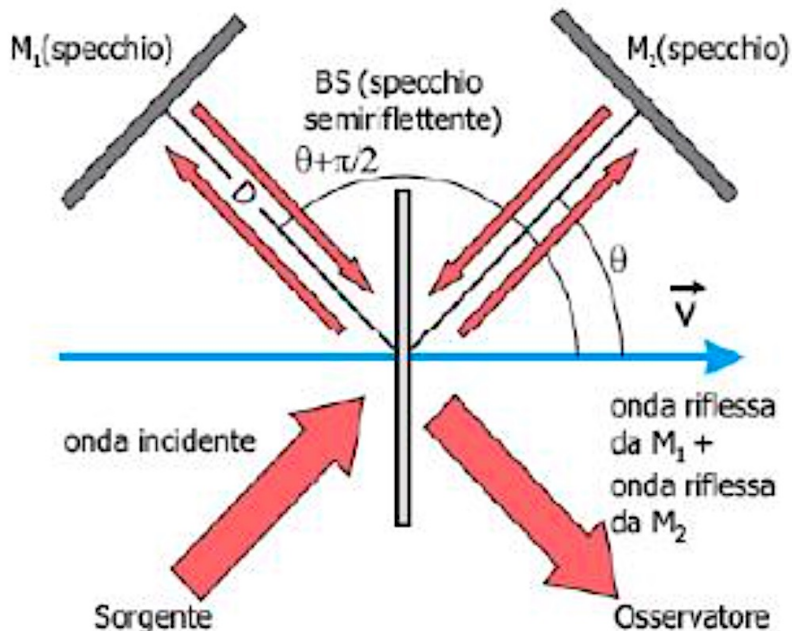
Tipicamente, l'analisi degli esperimenti di tipo Michelson-Morley veniva eseguita utilizzando la **formula classica** per le frange d'interferenza, dove  $\mathbf{v}$  indica la proiezione della **velocità della Terra nel piano dell'interferometro**,  $\theta$  l'angolo rispetto alla direzione del drift,  $\mathbf{D}$  il cammino ottico e  $\lambda$  la lunghezza d'onda della luce. Risolvendo rispetto alla velocità, **si attendevano valori di  $v \approx 30$  km/s**, che è la velocità **media orbitale** del nostro pianeta, ma i risultati erano **molto minori** del previsto...



$$\left[ \frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} \right]_{\text{class}} \approx \frac{\mathbf{D}}{\lambda} \frac{\mathbf{v}^2}{\mathbf{c}^2} \cos 2\theta$$

# Effetti strumentali o importanti indizi?

In un **formalismo relativistico**, invece, assumendo correnti convettive nel gas associate al moto della Terra, ed utilizzando semplici argomenti di simmetria, si trova che, **quando la luce si propaga in un gas con indice di rifrazione  $n_{\text{gas}}$** , le frange di interferenza possono essere espresse in termini di una **velocità “osservabile”  $v_{\text{obs}}$**  che è legata alla **velocità cinematica  $v$**  da una semplice relazione dipendente da  $n_{\text{gas}}$ :



$$\left[ \frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} \right]_{\text{class}} \approx \frac{D}{\lambda} \frac{v^2}{c^2} \cos 2\theta$$

$$\left[ \frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} \right]_{\text{rel}} \approx \frac{D}{\lambda} \frac{v_{\text{obs}}^2}{c^2} \cos 2\theta$$

$$v_{\text{obs}}^2 \approx 2(n_{\text{gas}} - 1)v^2$$

# Effetti strumentali o importanti indizi?

Identificando questa velocità con quella fornita dalle vecchie analisi classiche, ecco che i **valori ottenuti negli esperimenti** (cioè  $v_{\text{obs}} = 7\div 10$  km/s **per l'aria** a pressione atmosferica, dove  $n_{\text{aria}} \approx 1.00029$ , e  $v_{\text{obs}} = 2\div 3$  km/s **per l'elio** a pressione atmosferica, dove  $n_{\text{elio}} \approx 1.000035$ ) diventano ben **consistenti** con le proiezioni tipiche della **velocità cosmica**  $v \approx 370$  km/s **calcolata rispetto al riferimento della CBR!**

| Experiment              | Gas    |
|-------------------------|--------|
| Michelson–Morley (1887) | air    |
| Miller (1925–1926)      | air    |
| Illingworth (1927)      | helium |
| Tomaschek (1924)        | air    |
| Piccard–Stahel (1928)   | air    |
| Joos (1930)             | helium |

$$\left[ \frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} \right]_{\text{class}} \approx \frac{D}{\lambda} \frac{v^2}{c^2} \cos 2\theta$$

$$\left[ \frac{\Delta\lambda(\theta)}{\lambda} \right]_{\text{rel}} \approx \frac{D}{\lambda} \frac{v_{\text{obs}}^2}{c^2} \cos 2\theta$$

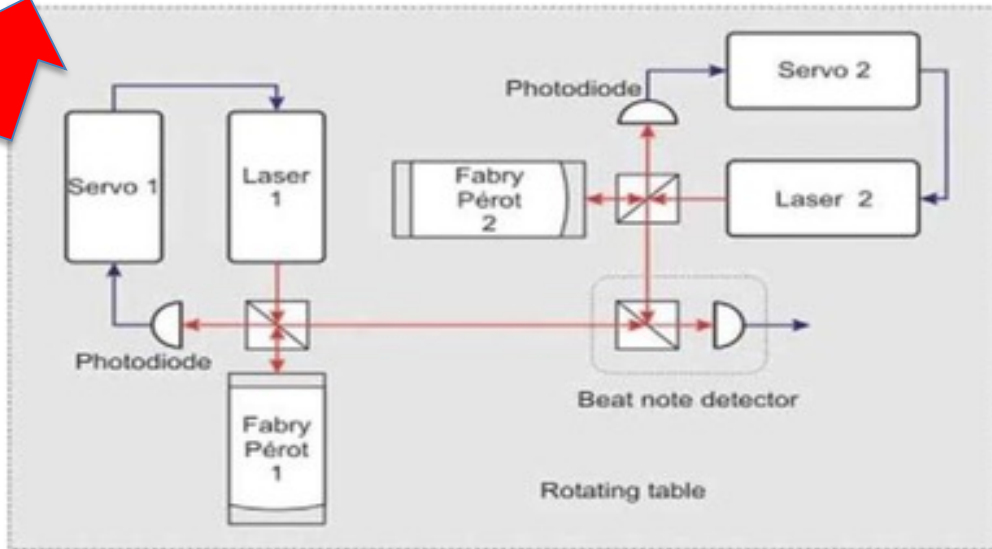
$$v_{\text{obs}}^2 \approx 2(n_{\text{gas}} - 1)v^2$$

$$n_{\text{vuoto}} = 1 \rightarrow v_{\text{obs}} = 0 !!$$



# Could 80-year-old ether experiments have detected a cosmological temperature gradient?

February 8, 2016 by Lisa Zyga feature



Design of a modern ether-drift experiment, in which the light frequencies from two lasers in perpendicular directions are compared at a beat note detector. Credit: M. Consoli, et al. ©2016 EPLA

(Phys.org)—In a new study, scientists have proposed that tiny residual effects measured by ether-drift experiments in the 1920s and '30s may be the first evidence of a temperature gradient that was theorized in the 1970s, but never before detected in a laboratory. The theorized temperature gradient is thought to be caused by the solar system moving at 370 km/sec through the cosmic background radiation (CBR), which is the faint electromagnetic radiation that fills the universe.

Featured Last comments Popular



Black hole hidden within its own exhaust Sep 15, 2016 26



Hungry startup uses robots to grab slice of pizza Sep 14, 2016 8



Physicists develop new touchscreen technology Sep 14, 2016 0



New discovery shatters previous beliefs about Earth's origin Sep 14, 2016 9



For first time, researchers see individual atoms keep away from each other or bunch up as pairs Sep 15,

**M.Consoli, A.Pluchino, A.Rapisarda (2016) "Cosmic Background Radiation and ether-drift experiments", Europhysics Letters, 113 19001**

## È stata trovata la prova sperimentale dell'esistenza delle onde gravitazionali, le pieghe nello spazio-tempo teorizzate da Einstein, causate dagli eventi più energetici dell'Universo. Segui l'annuncio in diretta con informazioni, video, commenti e spiegazioni.



La prima prova sperimentale diretta dell'esistenza delle onde gravitazionali ([guarda che cosa sono](#)) è stata comunicata oggi [11 febbraio 2016](#) dai ricercatori del Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) a Washington DC e da quelli della cooperazione VIRGO a Pisa.

La notizia completa si trova in [questa pagina](#). Qui sotto i punti principali della scoperta e - a seguire - la diretta live così come l'abbiamo pubblicata.

- Per la prima volta, gli scienziati hanno osservato in modo diretto le onde gravitazionali: increspature nel “tessuto” dello spaziotempo, perturbazioni del campo gravitazionale, arrivate sulla Terra dopo essere state prodotte da un cataclisma astrofisico avvenuto nell'universo profondo.
- Questo conferma un'importante previsione della Relatività Generale di Albert Einstein del 1915, e apre uno scenario di scoperte senza precedenti sul cosmo.
- L'importante risultato, pubblicato sulla rivista scientifica Physical Review Letters, è stato ottenuto, grazie ai dati dei due rivelatori LIGO, dalle Collaborazioni Scientifiche LIGO e VIRGO.

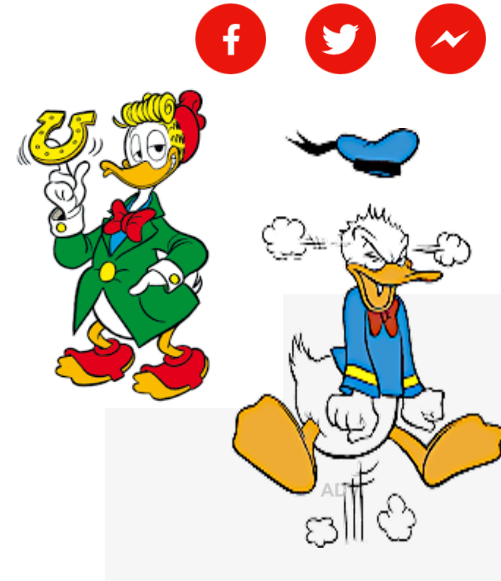


## È stata trovata la prova sperimentale dell'esistenza delle onde gravitazionali, le pieghe nello spazio-tempo teorizzate da Einstein, causate dagli eventi più energetici dell'Universo. Segui l'annuncio in diretta con informazioni, video, commenti e spiegazioni.

La prima prova sperimentale diretta dell'esistenza delle onde gravitazionali ([guarda che cosa sono](#)) è stata comunicata oggi **11 febbraio 2016** dai ricercatori del Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) a Washington DC e da quelli della cooperazione VIRGO a Pisa.

La notizia completa si trova in [questa pagina](#). Qui sotto i punti principali della scoperta e - a seguire - la diretta live così come l'abbiamo pubblicata.

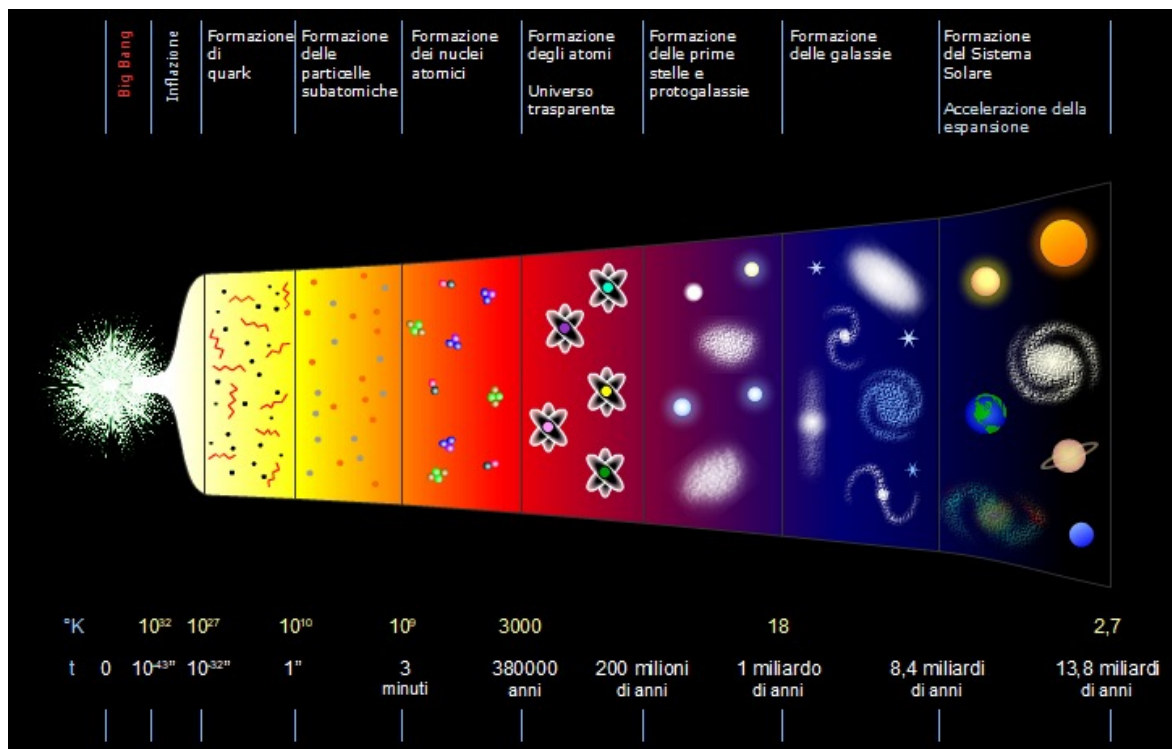
- Per la prima volta, gli scienziati hanno osservato in modo diretto le onde gravitazionali: increspature nel "tessuto" dello spaziotempo, perturbazioni del campo gravitazionale, arrivate sulla Terra dopo essere state prodotte da un cataclisma astrofisico avvenuto nell'universo profondo.
- Questo conferma un'importante previsione della Relatività Generale di Albert Einstein del 1915, e apre uno scenario di scoperte senza precedenti sul cosmo.
- L'importante risultato, pubblicato sulla rivista scientifica Physical Review Letters, è stato ottenuto, grazie ai dati dei due rivelatori LIGO, dalle Collaborazioni Scientifiche LIGO e VIRGO.



# Nuovi scenari aperti dalla CBR

Nel 1905 tempo e spazio furono relativizzati, l'universo svuotato.

Oggi però noi diciamo che dal big bang sono trascorsi 13,7 miliardi di anni. Rispetto a cosa? Esiste di nuovo un riferimento privilegiato, quello rispetto al quale lo spazio è foliato in superfici di omogeneità, rispetto alle quali il tempo è ortogonale.





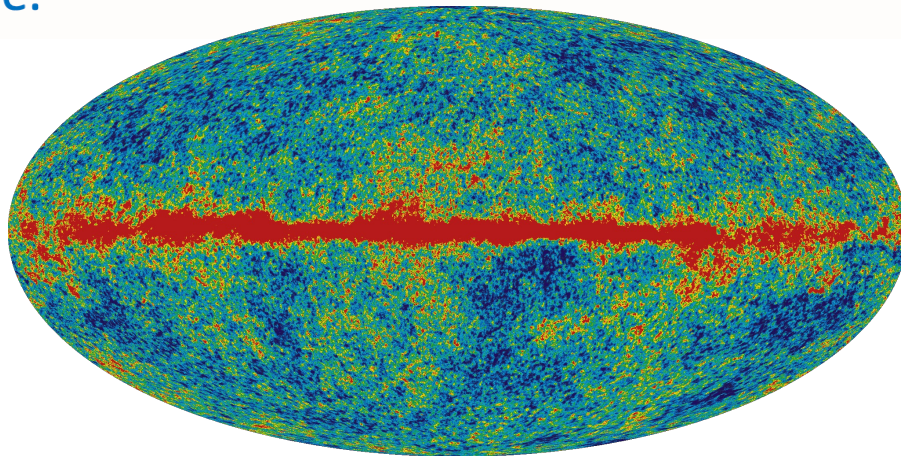
# Nuovi scenari aperti dalla CBR

Nel 1905 tempo e spazio furono relativizzati, l'universo svuotato.

Oggi però noi diciamo che dal big bang sono trascorsi 13,7 miliardi di anni. Rispetto a cosa? Esiste di nuovo un riferimento privilegiato, quello rispetto al quale lo spazio è foliato in superfici di omogeneità, rispetto alle quali il tempo è ortogonale.

La radiazione cosmica di fondo è diventata un riferimento privilegiato, senza venir meno al principio di relatività.

Il vuoto geometrico pseudo euclideo è stato riempito con un nuovo etere.



# Nuovi scenari aperti dalla CBR

Nel 1905 tempo e spazio furono relativizzati, l'universo svuotato.

Oggi però noi diciamo che dal big bang sono trascorsi 13,7 miliardi di anni. Rispetto a cosa? Esiste di nuovo un riferimento privilegiato, quello rispetto al quale lo spazio è foliato in superfici di omogeneità, rispetto alle quali il tempo è ortogonale.

La radiazione cosmica di fondo è diventata un riferimento privilegiato, senza venir meno al principio di relatività.

Il vuoto geometrico pseudo euclideo è stato riempito con un nuovo etere.

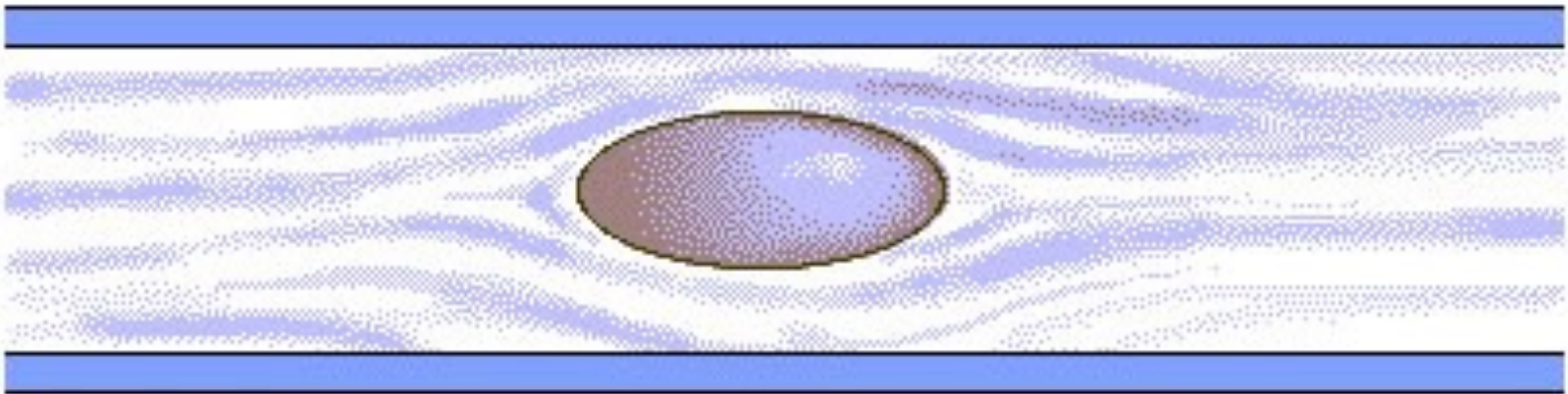
Tutto torna, ma tutto cambia. La storia della fisica si avvolge a spirale!

La prudenza di Poincaré e l'attaccamento alla spiegazione fisica di Lorentz riacquistano la loro dignità.

Le rivoluzioni hanno sempre bisogno, anche, di ricostruttori! I vecchi mattoni saranno irriconoscibili nella nuova costruzione.

# Verso un nuovo modello dell'Etere

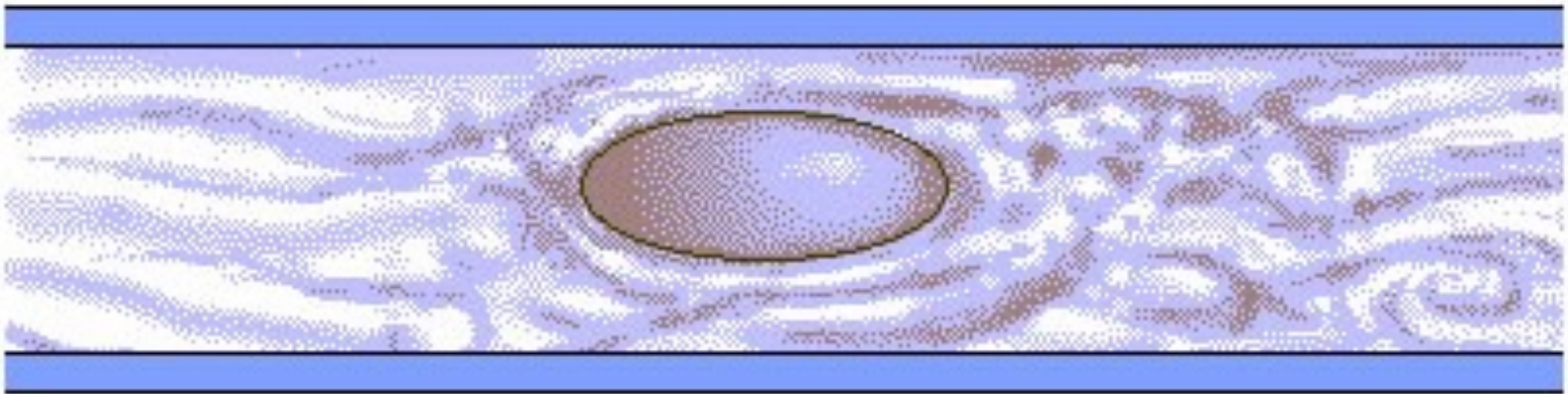
Per quanto ci riguarda, restava da giustificare il **carattere estremamente irregolare** dei **residui osservati nei vecchi esperimenti**. Questo ulteriore aspetto potrebbe essere chiarito considerando che, se si paragona il moto della Terra nell'etere con quello del **moto di un corpo in un fluido**, **il punto di vista tradizionale equivaleva ad assumere un modello di *etere regolare***, cioè di regime “**laminare**”. E' per questo che quei residui venivano considerati effetti strumentali (rumore).





# Verso un nuovo modello dell'Etere

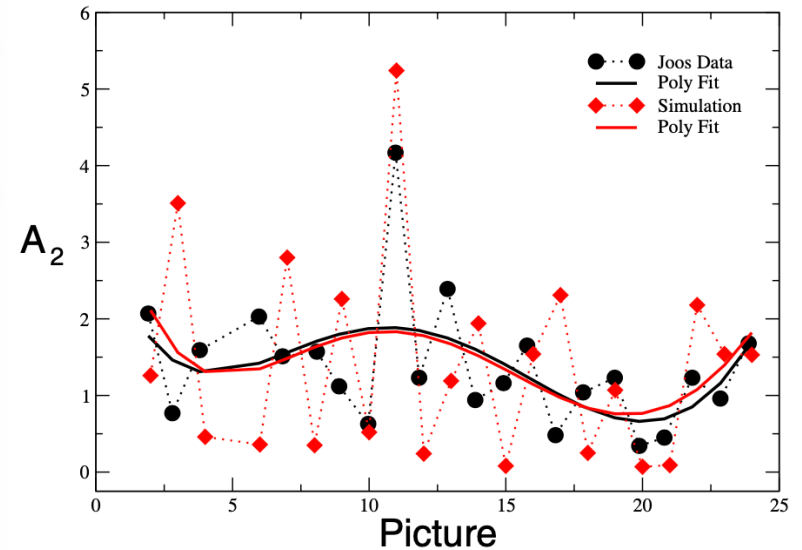
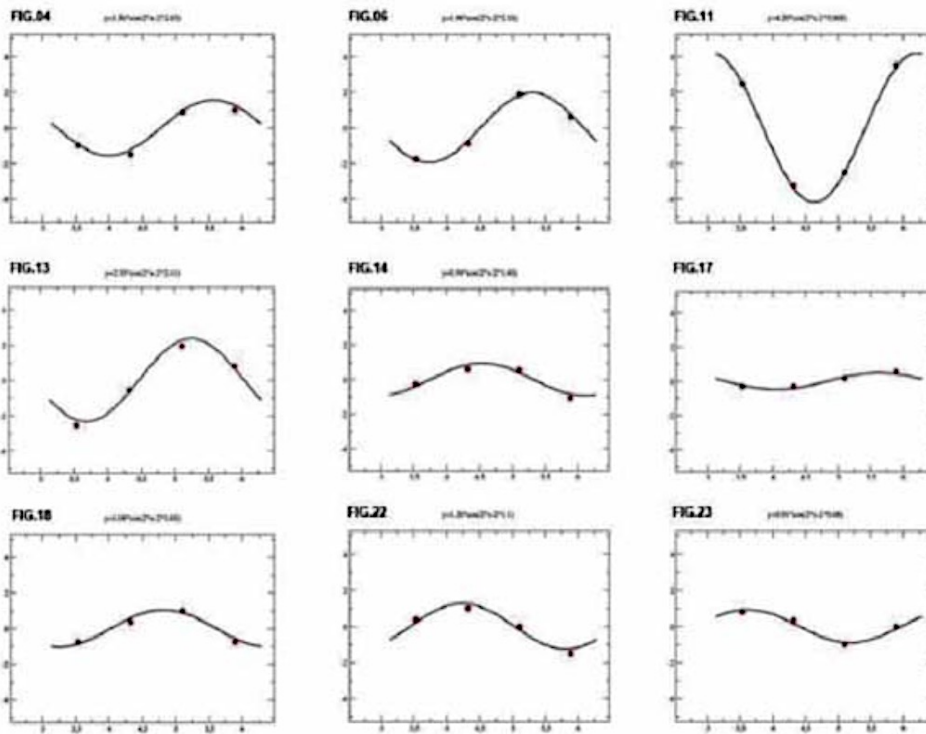
Invece la situazione reale potrebbe essere più simile a quella di un **etere “turbolento”**, considerato come un **vuoto quantistico dotato di fluttuazioni stocastiche e a viscosità zero**, dove un moto che su grande scala può apparire regolare, diventa caotico a piccole scale. In questo caso, **il moto cosmico della Terra fisserebbe solo i limiti tipici per un campo di velocità che *fluttua in modo irregolare***, le cui **proprietà statistiche** possono essere stimate con simulazioni numeriche.





# Verso un nuovo modello dell'Etere

E in effetti è quello che abbiamo provato a fare, utilizzando appunto un siffatto **modello del vuoto come Etere turbolento** e trovando un **ottimo accordo tra le previsioni effettuate con simulazioni numeriche e i dati osservati** negli esperimenti storici reali...

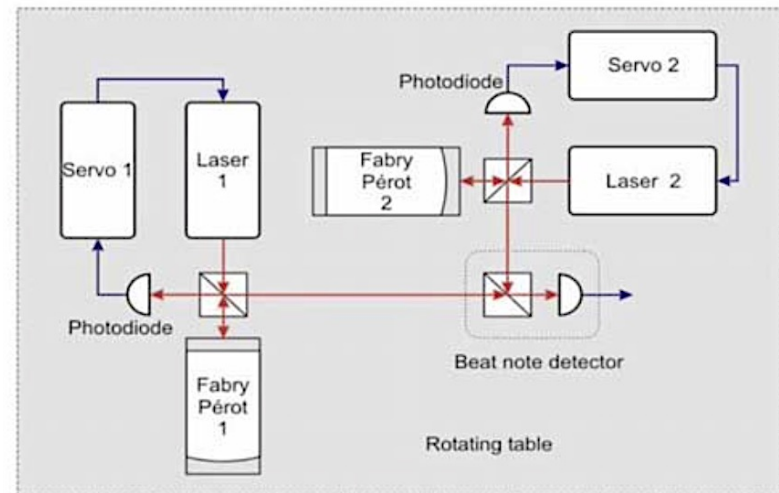


*Joos' experimental amplitudes (1930) in the table are compared with the single simulation of 22 measurements.*

# In attesa della conferma definitiva...

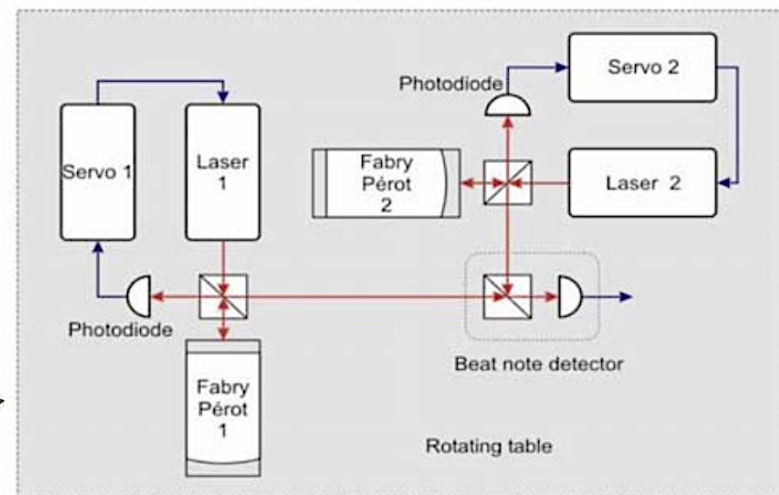
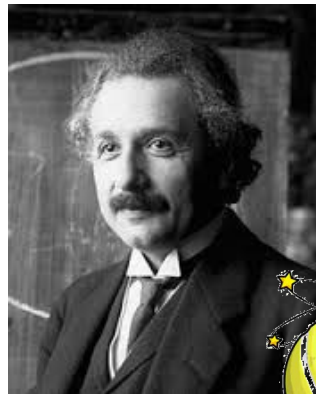
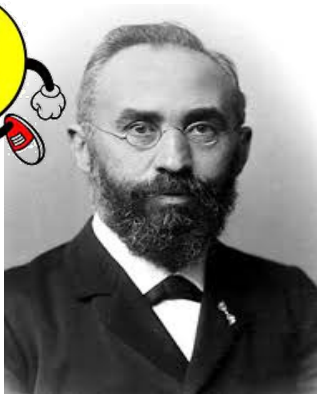
In conclusione, mettendo insieme questi due ingredienti, cioè (a) la **specificità dei mezzi gassosi** e (b) la **possibilità di un genuino segnale fisico irregolare** (*modello dell'etere turbolento*), abbiamo mostrato che **gli esperimenti del passato rivelano un'ottima consistenza numerica con le misure dedotte dall'anisotropia del fondo di radiazione cosmica**. Questa sorprendente coincidenza potrebbe avere una **conferma definitiva** dai moderni esperimenti con cavità ottiche risonanti, che basterebbe ripetere **utilizzando mezzi gassosi invece del vuoto spinto o dei dielettrici...**

... ma purtroppo li stiamo ancora aspettando...



# La rivincita di Lorentz

Ed è davvero strano, anche perché questi esperimenti avrebbero un costo relativamente modesto se confrontato con le loro **implicazioni** per *l'interpretazione della Teoria della Relatività* (ovviamente *a fenomenologia invariata*). Infatti, se le nostre predizioni dovessero essere confermate, diventerebbe naturale considerare gli **effetti relativistici come conseguenza «fisica»** del *moto dell'osservatore rispetto a un sistema di riferimento privilegiato* (individuato dalla CBR), come nell'originale **interpretazione Lorentziana**.



# Non-Località ed Entanglement

Una prima conseguenza della riabilitazione del punto di vista Lorentziano potrebbe riguardare l'interpretazione di quei **fenomeni quantistici** nei quali sembra esserci una **connessione 'non-locale' permanente tra certi microsistemi fisici anche quando essi sono arbitrariamente distanti**. Questo tipo di connessione, nota come «**entanglement**», se interpretata come dovuta allo scambio di qualche segnale fisico, richiederebbe **segnali superluminali**. Nell'interpretazione Einsteiniana della relatività speciale, dove non esiste alcun sistema di riferimento privilegiato, questo porterebbe a **contraddizioni insanabili** con la nozione di causalità. Dunque, **la formulazione assiomatica di Einstein potrebbe oscurare aspetti fondamentali della natura**.



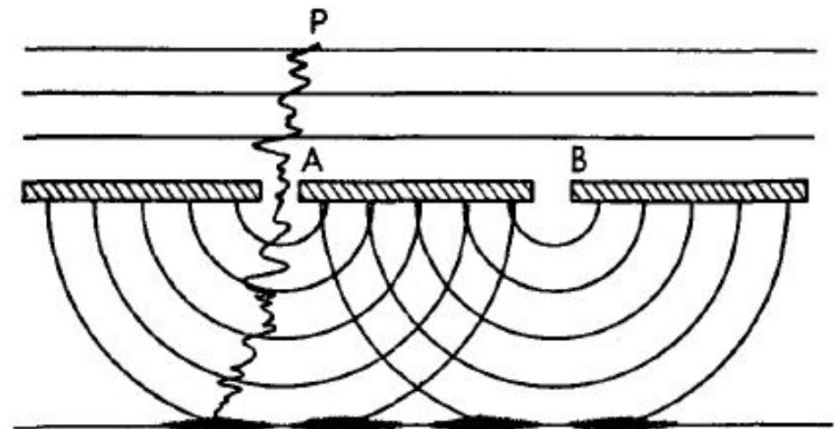


# Interpretazioni Realiste della MQ

L'interpretazione Lorentziana si concilia invece perfettamente anche con formulazioni «**realiste**» della Meccanica Quantistica, come quella di **De Broglie-Bohm** (Teoria dell'Onda Pilota) o quella di **Bohm-Vigier** (Meccanica Quantistica Stocastica), che – come vedremo in una prossima lezione – restituiscono un ruolo attivo ad un **mezzo subquantico** (vuoto quantistico o etere) dotato di **dinamiche ondulatorie o stocastiche non-locali e in grado di interagire con le particelle di materia** (interpretate classicamente) «guidandole» in modo da riottenere il comportamento quantistico standard.



David Bohm (1917-1992)



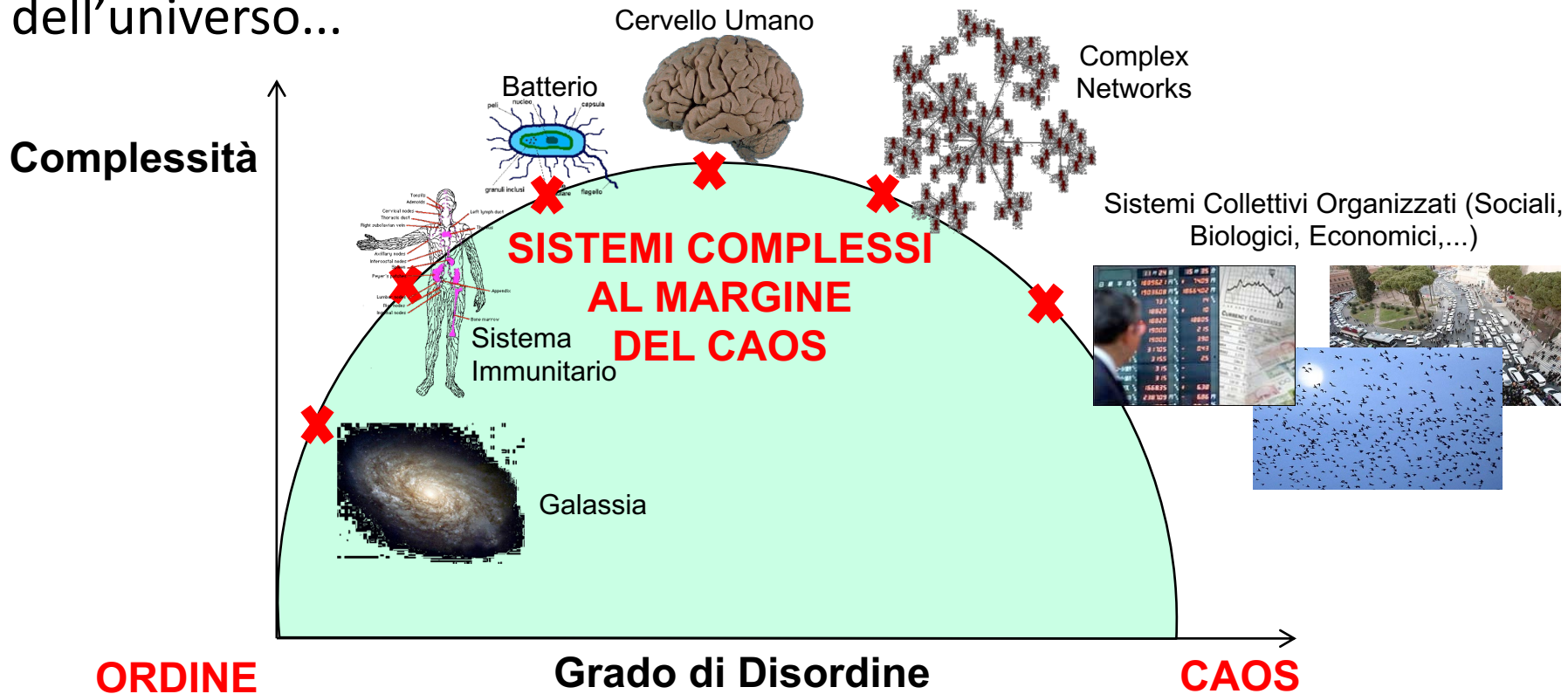
# Emergere della Complessità in Natura

Un'ulteriore possibile conseguenza della nostra analisi sarebbe che **tutti i sistemi fisici sulla Terra, e su ogni altro corpo celeste che si muove nella radiazione cosmica di fondo, risulterebbero esposti ad un flusso misurabile di energia.** Oggi, questo flusso è estremamente debole ma in passato era sostanzialmente più intenso quando la temperatura della radiazione di fondo era maggiore. Dunque questo flusso ha costituito (e costituirebbe tuttora) una **forma di “rumore” ineliminabile, indipendente** da ogni sorgente localizzata. Una tale situazione di non-equilibrio potrebbe aver giocato un **ruolo fondamentale nell'indurre forme di auto-organizzazione nella materia.** In questo senso, una conferma della nostra interpretazione potrebbe rivestire interesse anche nell'ambito delle ricerche sull'**emergere della complessità in natura...**



# Emergere della Complessità in Natura

Infatti il **vuoto quantistico**, considerato come un **etere di natura turbolenta**, potrebbe rappresentare una sorta di **“livello fondamentale”** della gerarchia emergente dei livelli di **complessità** dell'universo...



# Emergere della Complessità in Natura

Infatti il **vuoto quantistico**, considerato come un **etere di natura turbolenta**, potrebbe rappresentare una sorta di **“livello fondamentale”** della gerarchia emergente dei livelli di **complessità** dell’universo...



**VUOTO QUANTISTICO  
COME  
ETERE TURBOLENTO**



# Emergere della Complessità in Natura

Infatti il **vuoto quantistico**, considerato come un **etere di natura turbolenta**, potrebbe rappresentare una sorta di **“livello fondamentale”** della gerarchia emergente dei livelli di **complessità** dell'universo...



**FLUTTUAZIONI QUANTISTICHE DEL VUOTO  
COME SORGENTE DI CASUALITA' OGGETTIVA  
E FONTE DI RUMORE INELIMINABILE**

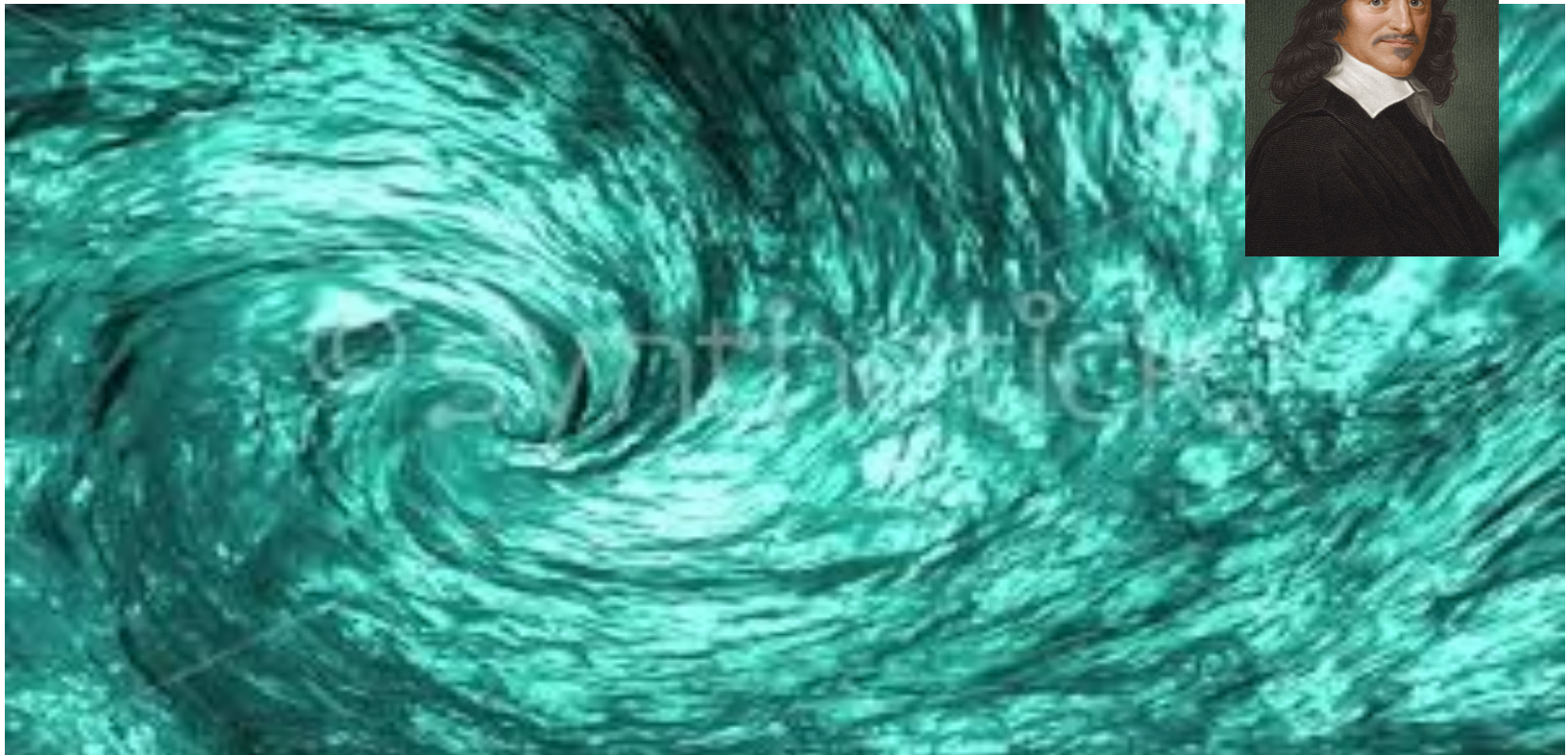
# Il Vuoto come Etere Turbolento

Avviandoci alla conclusione, è interessante notare che il nostro **modello di etere turbolento**, oltre che fornire una base per **interpretare i risultati non nulli dei primi esperimenti di ether-drift** e supportare così l'interpretazione Lorentziana dei fenomeni relativistici, risulterebbe in **accordo anche con l'interpretazione delle particelle elementari come eccitazioni del vuoto** (inteso come *ground state, quantum vacuum o zero-point energy*) vista in apertura...



# Il Vuoto come Etere Turbolento

Infatti, andando più nel dettaglio, si vede come dei **vortici**, simili a quelli che si propagano nei **fluidi turbolenti** (detti ***solitoni***), potrebbero essere una **discreta approssimazione** di queste eccitazioni...



# Il Vuoto come Etere Turbolento

E non mancano nemmeno le implicazioni filosofiche. Infatti, un **etere turbolento con viscosità zero**, pur essendo evidentemente un *'non-vuoto'*, **sarebbe indistinguibile dal *'vuoto'***. In questo senso, la sua esistenza fornirebbe una risposta esplicita a un **enigma** che aveva tormentato molti dei **primi pensatori greci** e che può essere riassunto nella seguente domanda: **come è possibile che, in uno stesso ente, possano coesistere caratteristiche apparentemente contraddittorie?**



Essere o  
Divenire???



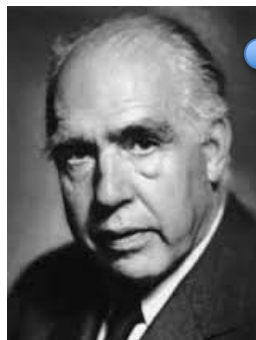
# Vuoto e Condensati Quantistici

Le **proprietà del vuoto come etere turbolento a viscosità nulla** risultano infatti in perfetto accordo con quelle dei **condensati quantistici**, nei quali, come abbiamo visto in apertura, particelle con una certa carica elettrica, un certo momento spaziale ed un certo spin coesistono con le loro antiparticelle con carica, momento spaziale e spin **opposti**, producendo così ***infinite combinazioni equivalenti ed intercambiabili dove si azzerano i possibili contrari...***



# La Sintesi degli Opposti

E forse era proprio questo tipo di **sintesi degli opposti** che aveva in mente **Niels Bohr** quando ha scritto che *«ci sono due tipi di verità: le verità **semplici**, dove certi opposti sono chiaramente assurdi, e le verità **profonde**, riconoscibili dal fatto che l'opposto è a sua volta una profonda verità»*. Da essa sembra emergere addirittura la possibilità di introdurre una nuova **logica quantistica**, in grado di superare l'usuale principio aristotelico del '**tertium non datur**', all'interno della quale *il presentarsi di caratteristiche in apparente contraddizione non va rigettato a priori ma può anche far parte del progresso della conoscenza.*



Onda o  
Corpuscolo?

# Tra Fisica e Misticismo

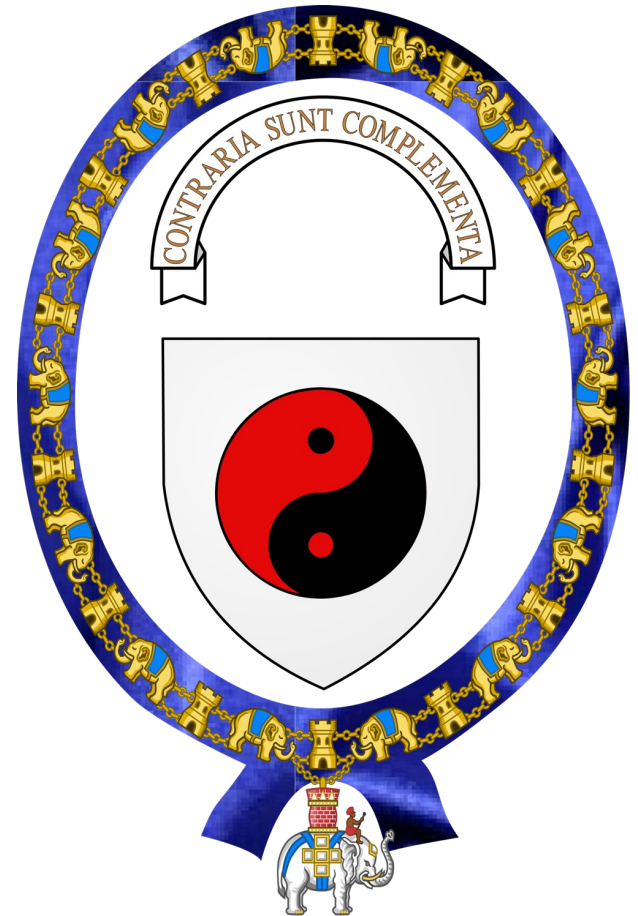
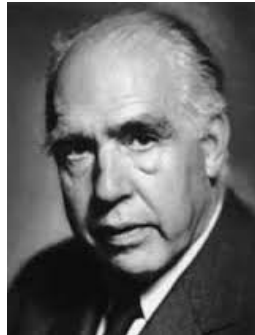
Questa profonda *interconnessione* della realtà a livello *quantistico* appare in perfetta sintonia con le interpretazioni 'olistiche' proprie di svariate *tradizioni mistiche orientali* (**Induismo, Taoismo, Buddhismo**), le quali considerano la natura come un *tutto unitario* la cui *superiore armonia* non può essere colta con modalità di pensiero vincolate da rigide categorie logiche.



# Tra Fisica e Misticismo

Queste analogie erano già state notate da alcuni dei padri fondatori della fisica quantistica.

Lo stesso **Niels Bohr**, ad esempio, quando fu nominato cavaliere nel 1947, **scelse come suo stemma il famoso diagramma cinese che esprime la complementarità tra Yin e Yang**, i due principi fondamentali del Taoismo...

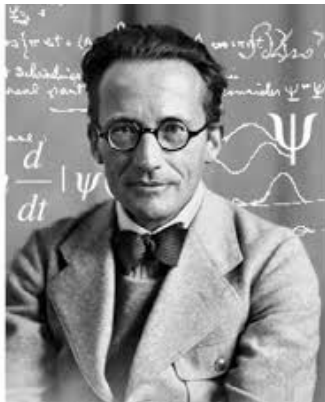




# Tra Fisica e Misticismo

Queste analogie erano già state notate da alcuni dei padri fondatori della fisica quantistica.

**Erwin Schrödinger** fu molto **influenzato dalla filosofia indiana** dei Veda...



# Tra Fisica e Misticismo

Queste analogie erano già state notate da alcuni dei padri fondatori della fisica quantistica.

...mentre **Wolfgang Pauli** ebbe un lungo scambio epistolare con **Carl Gustav Jung**, essendo entrambi attratti, per motivi diversi, dalla **visione del mondo che emerge dal 'Libro dei Mutamenti' (I Ching)**, punto di riferimento del Taoismo cinese.



# Tra Fisica e Misticismo

Meno noti, ma altrettanto illuminanti, sono anche i dialoghi tra **David Bohm**, la cui **interpretazione alternativa della meccanica quantistica** è – come abbiamo visto e come vedremo meglio prossimamente – molto vicina al **punto di vista Lorentziano**, e il filosofo e mistico indiano **Jiddu Krishnamurti**...



J. Krishnamurti  
David Bohm

*DOVE*  
**IL TEMPO  
FINISCE**

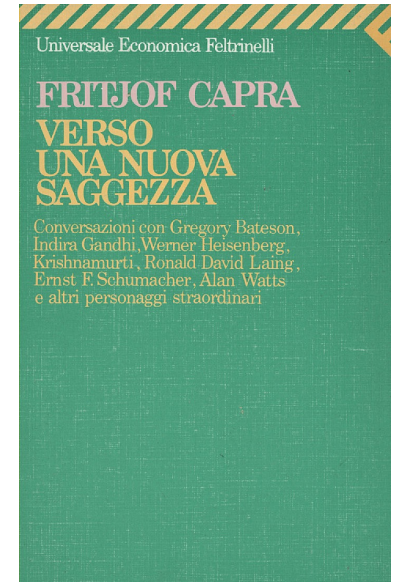
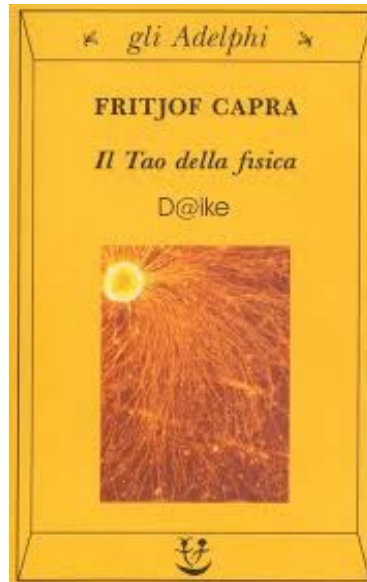
“L'umanità è ormai giunta a una svolta rovinosa; cos'è che produce divisione, conflitto, distruzione senza fine?”. Questo è il tema da cui prende il via un confronto di eccezionale livello tra il più grande maestro spirituale vivente e uno dei più famosi scienziati occidentali.

Ubalдини Editore - Roma



# Tra Fisica e Misticismo

Queste **connessioni tra scienza e misticismo** hanno poi avuto larga diffusione attraverso l'opera di svariati **divulgatori**, primo fra tutti il fisico **Fritjof Capra** con il suo celebre saggio *“Il Tao della fisica”* del 1982, seguito poi da *“Il punto di svolta”* (1984) e *“Verso una nuova saggezza”* (1989).





# Il Vuoto come Principio Primo

La nostra sensazione è che le radici di questa **contaminazione tra fisica moderna e misticismo orientale** andrebbero ricercate proprio in quella entità particolare che ci appare come spazio vuoto. Non a caso, come accade nella fisica moderna, **anche nel Taoismo, nell'Induismo e nel Buddhismo il vuoto non è visto come un mero 'nulla'**. Al contrario, queste antiche filosofie religiose orientali hanno colto la sua duplice natura di essere qualcosa ('vuoto') ed anche il suo contrario ('non-vuoto'). Come tale, ***il vuoto rappresenta un qualcosa di totalmente indefinibile, il principio primo da cui tutte le cose scaturiscono secondo regole fondamentalmente inaccessibili ad una mente vincolata dalla logica ordinaria.***



# Il Vuoto come Principio Primo

Nella meditazione **Buddista**, ad esempio, si richiede una particolare **condizione esistenziale di vacuità** (*sunyata*), intesa come assenza di sollecitazioni e stimoli, anche di natura intellettuale, che sola può permettere di cogliere la **sottile essenza** della realtà ultima.



# Il Vuoto come Principio Primo

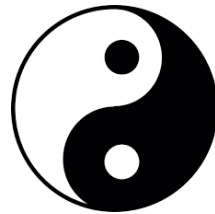
Anche nella tradizione **Induista** (*Brhad-Aranyaka-Upanisad*) ciò che è manifesto, ovvero **la moltitudine di cose ed eventi che ci viene proposta dai nostri sensi, viene considerata un ostacolo**, un'illusione che ci impedisce di percepire la fondamentale unità di tutto, che esiste solo nel ***Brahman***, lo Spirito universale. Per liberarsi da questo incantesimo (**sollevare il 'velo di Maya'**) bisogna rinunciare alle sollecitazioni che provengono dalla realtà sensibile e **cercare il Brahman in ciò che risulta più difficile da percepire, cioè nel vuoto che è 'tessuto' a sua somiglianza.**



# Il Vuoto come Principio Primo

E concetti analoghi si ritrovano anche nel **Taoismo** cinese. Il *Tao*, tradotto spesso come 'Via', è, allo stesso tempo, l'origine di tutto ed il principio regolatore della natura. Rappresenta qualcosa di **indefinibile e non direttamente percepibile** e va pensato come un *vuoto pieno di potenzialità* che dà il senso di ogni cosa esistente ma resiste ad una comprensione puramente razionale: «*Guardato ma non visto, udito ma non ascoltato, toccato ma non afferrato, senza forma, senza suono, intangibile: il Tao resiste all'analisi e sfida la comprensione*».

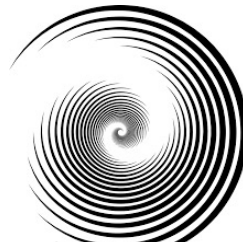
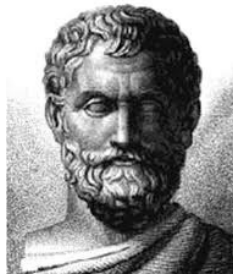
道





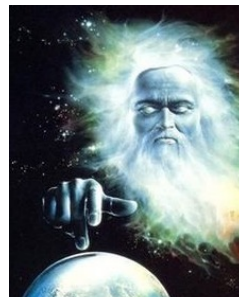
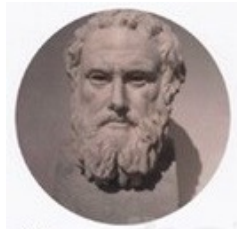
# Il Vuoto come Principio Primo

Ma questo non significa che la **tradizione occidentale** sia priva di riferimenti al vuoto come principio primo. Tutt'altro. **Tra gli 'archetipi' del pensiero occidentale, nella filosofia greca troviamo infatti l'invisibile *apeiron* di Anassimandro.** L'*apeiron* è insieme l'infinito e l'indifferenziato, la causa del divenire e della molteplicità, **il principio ed il termine ultimo di tutto.** Esso non si esaurisce nella fase cosmogonica ma, sotto forma di un perenne **stato di *moto vorticoso***, continua a sussistere ai confini di ogni struttura 'ordinata', cioè di ogni singola cosa che esiste in natura.



# Il Vuoto come Principio Primo

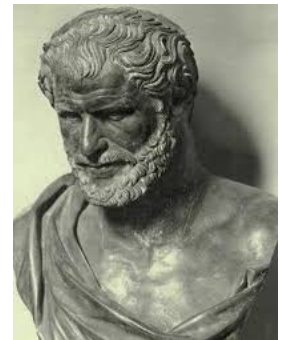
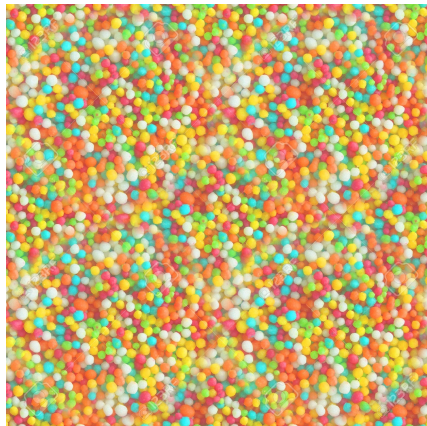
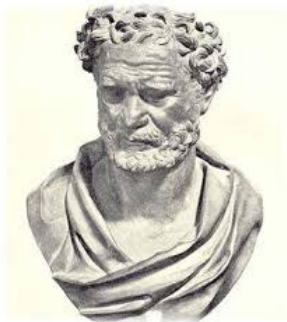
Anassimandro, d'altronde, si ricollegava in questo al carattere atemporale del *Chaos di Esiodo* (ma anche *all'Essere di Parmenide* o alla *Chora di Platone*) ed alla sua doppia valenza di vuoto originario e di massa indistinta di tutti gli elementi. Veniamo, così, rimandati ancor più indietro nel tempo. Ad esempio, nel contesto della nostra *tradizione giudaico-cristiana*, a quell'idea di *acque informi ed invisibili* di cui si parla nei primi versetti della *Genesi* e che serve a scandire le due fasi della formazione del cosmo: *dapprima il caos indistinto e poi, da esso, le singole cose...*



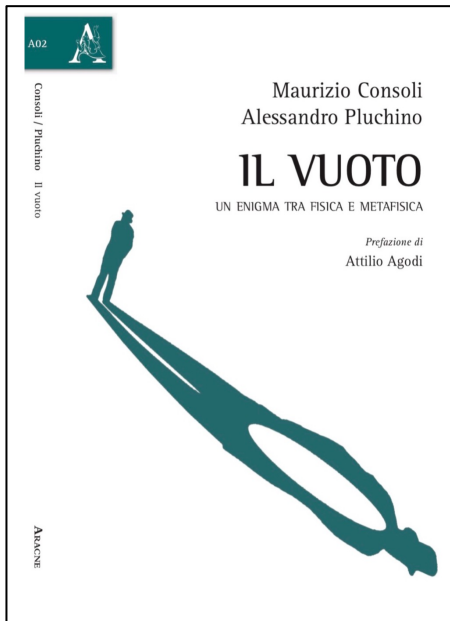
# Il Vuoto come Principio Primo

Senza contare che *il condensato di quanti elementari* che, come abbiamo visto, per la fisica moderna costituisce il vuoto, e da cui emergono le particelle elementari sotto forma di onde e vortici, *somiglia molto alla concezione dei primi atomisti greci, Leucippo* (480 a.C.) e **Democrito** (460 a.C.): per loro, infatti, gli *Atomi* erano *inosservabili* – proprio come i quanti del condensato – e si muovevano vorticosamente in un *Vuoto preesistente* (inteso come non-Atomi), dando origine con il loro mescolamento a tutte le cose...

(Vuoto, Atomi) → (vuoto, onde, vortici)

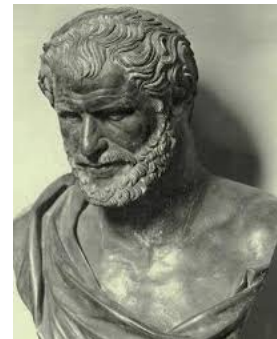
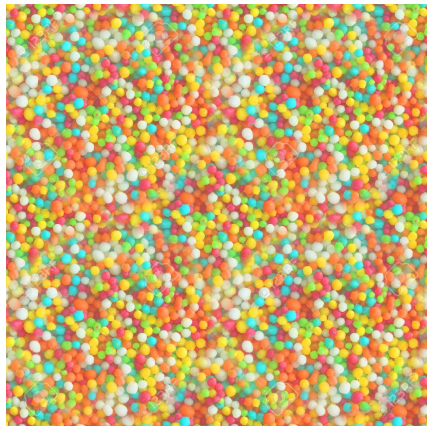
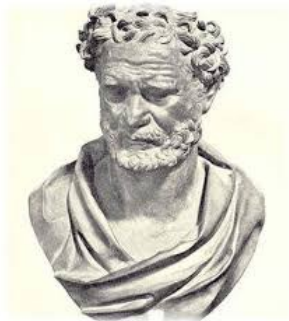


# Il Mondo in una Visione Idealizzata



Ed è proprio con una **visione idealizzata** del mondo di questo tipo che, improvvisandoci atomisti greci, **ci siamo cimentati con il collega Maurizio Consoli alla fine del nostro libro «// Vuoto. Un enigma tra fisica e metafisica»**. Rimandiamo quindi a questo testo chi fosse interessato a questi aspetti più metafisici...

(Vuoto, Atomi) → (vuoto, onde, vortici)





# Il Mondo in una Visione Idealizzata



*«Se, in qualche cataclisma, l'intera conoscenza scientifica dovesse andare distrutta, e si potesse salvare un solo concetto da tramandare alle generazioni future, quale affermazione conterrebbe il massimo di informazione nel minor numero di parole?»*

*Io credo che sia l'ipotesi atomica secondo cui tutte le cose sono fatte di atomi, piccole particelle in moto perpetuo che si respingono a corte distanze e si attraggono quando vengono allontanate. In questo concetto c'è un enorme contenuto di informazione sulla natura, se appena la si considera con un minimo di immaginazione».*

R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands  
«The Feynman Lectures on Physics» 1963



# Conclusione



Diceva **Confucio**, *«quando le cose non sono chiamate con il loro giusto nome, e dunque il linguaggio non si conforma alla verità, ne derivano tutta una serie di conseguenze negative per l'uomo e la società»*.

Oggi, ognuno di noi può convincersi di quanto Confucio avesse ragione, in particolare con riferimento al **concetto di vuoto**, *che viene chiamato 'vuoto' ma che, come abbiamo cercato di illustrare, 'vuoto' non è.*



# Conclusione

Ciò a cui abbiamo assistito è stata, dunque, una continua **modifica della concezione di ciò che comunemente chiamiamo vuoto**. Come sottolineato da Fermi in apertura, resta però costante l'idea che esso giochi un **ruolo fondamentale** nel nostro Universo. **Questa idea generale per cui la comprensione ultima delle cose che vediamo dipende da qualcosa che non vediamo esprime una concezione filosofica ed è anche alla base di tutte le religioni**. Per questo, la *riflessione sul vuoto* trascende il mero ambito della fisica ed acquista un interesse più ampio, suggerendo che **l'indagine fisica possa alla fine avvicinarsi ad altre forme di conoscenza meno razionali e più intuitive**, stimolando così un ***nuovo dialogo tra scienza, filosofia e misticismo***.





# Bibliografia

- **M.Consoli, A.Pluchino, A.Rapisarda (2011)** *“Basic randomness of nature and ether-drift experiments”*, Chaos, Solitons and Fractals 44 (2011) 1089-1099
- **M.Consoli, C.Matheson, A.Pluchino (2013)** *“The classical ether-drift experiments: a modern re-interpretation”*, Eur. Phys. J. Plus 128: 71 DOI 10.1140/epjp/i2013-13071-7
- **M.Consoli, A.Pluchino, A.Rapisarda, S.Tudisco (2014)** *“The vacuum as a form of turbulent fluid: motivations, experiments, implications”*, Physica A 394 61–73
- **M.Consoli, A.Pluchino (2015)** *“Il Vuoto. Un enigma tra fisica e metafisica”*, Aracne Editrice 2015
- **M.Consoli, A.Pluchino, A.Rapisarda (2016)** *“Cosmic Background Radiation and ether-drift experiments”*, Europhysics Letters, 113 19001
- **M.Consoli, A.Pluchino (2016)** *“The idea of a stochastic space-time: theory and experiments”* in *“Beyond Peaceful Coexistence: the Emergence of Space, Time and Quantum”* - World Scientific
- **M.Consoli, A.Pluchino (2018)** *“Cosmic Microwave Background and the issue of a fundamental preferred frame”*, European Physical Journal Plus, 133:295
- **M.Consoli, A.Pluchino (2019)** *“Michelson-Morley experiments: an enigma for physics and history of science”*, World Scientific - ISBN 9789813278189
- **M.Consoli, A.Pluchino (2021)** *“The CMB, preferred reference system and dragging of light in the earth frame”*, Universe 7, 311
- **M.Consoli, A.Pluchino. P.Zizzi (2022)** *“Quantum Non-Locality and CMB: what Experiments say”*, Universe 8(9), 481
- **M.Consoli, A.Pluchino (2024)** *“ Michelson-Morley Experiments: at the crossroads of Relativity, Cosmology and Quantum Physics”*, Int. Journal of Modern Physics A

Per ulteriori informazioni: [www.pluchino.it](http://www.pluchino.it)