



Comune di Brugherio



BIBLIOTECA CIVICA BRUGHERIO

Iniziativa ideata e organizzata dalla Biblioteca Civica di Brugherio con la collaborazione di Elena Cattaneo, scienziata e senatrice a vita.

SCIENZA, ULTIMA FRONTIERA

È GRADITO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI

2016 - III ANNO • EDIZIONE SPECIALE DEL 150<sup>^</sup> DI BRUGHERIO

# LO SPAZIO E IL TEMPO

# 2

**VENERDÌ 28 OTTOBRE**

## **COSMO E MICROCOSMO**

Il tempo all'inizio del tempo



con **Luciano Maiani**

**fisico - Università di Roma,**

già direttore del CERN di Ginevra  
e presidente del CNR

FISICA

**BIBLIOGRAFIA**

- Luciano Maiani
- Scienza in accelerazione: il CERN e il suo grande collisore adronico
- Breve storia della fisica del tempo
- Inizio del tempo tra cosmo e microcosmo
- Qualche proposta anche per i ragazzi

Pochi concetti ci sono così familiari, pochi limiti sono tanto stringenti come quello del tempo. Viviamo con l'occhio all'orologio, sforzandoci di risparmiare tempo e irritandoci se ne perdiamo. Il nostro frasario conta innumerevoli proverbi sul tempo, che è *denaro*, *galantuomo*, *cura le ferite*, è *tiranno*. Non avere tempo è una preoccupazione che assilla il quotidiano di tutti.



### Ma che cos'è il tempo?

In questo secondo incontro di *Scienza, ultima frontiera* lo chiederemo alla fisica, disciplina che più di ogni altra maneggia il tempo e cerca di svelarne gli arcani segreti, talora riuscendoci, talora aprendo la porta a nuovi interrogativi. E scopriremo che il concetto di tempo ha mutato radicalmente forma nei secoli, da Aristotele, che lo riteneva un semplice 'numero del movimento', a Newton, che lo disegnava come un'entità assoluta, fino ad arrivare a Einstein, che lo relativizza e lo curva nella nozione di spazio-tempo, e alla fisica contemporanea, per la quale – colpo di teatro – il tempo non esiste affatto! Quanto meno al livello fondamentale della materia, dove diventa una complicazione non necessaria.

Eppure dovremo interrogare proprio il mondo delle microparticelle se vorremo rispondere a un altro interrogativo sul tempo: da dove ha avuto origine e quando? Perché il microcosmo conserva ancora in sé l'eco dell'inizio dei tempi, quel Big Bang le cui condizioni vengono artificialmente riprodotte nel più grande acceleratore mai costruito, il *Large Hadron Collider* del CERN di Ginevra. I risultati dello scontro dei protoni ci hanno regalato, soprattutto in questi ultimi anni, scoperte che hanno illuminato taluni dei misteri del cosmo nei suoi primi istanti di vita. Vi abbiamo assistito tutti, sono diventate parte dell'immaginario collettivo. Basti pensare al *bosone di Higgs*.

Ed è proprio affinché tale spinta in avanti nelle frontiere del sapere si consolidi come bene comune, affinché non si dissolva una volta passato il momento di fascinazione, che vi offriamo una mappa per continuare la personale ricerca. Avanziamo così insieme per questo sentiero, consci che la strada non sarà mai diritta, ma al contrario piacevolmente tortuosa: «Tutte le cose diritte mentono. Ogni verità è curva, il tempo stesso è un circolo» ebbe a dire Nietzsche nel suo *Così parlò Zarathustra*. Capire il tempo significa capire qualcosa di più del mondo in cui viviamo. Da 13,7 miliardi di anni. Più o meno...

## BIBLIOTECA CIVICA DI BRUGHERIO



via Italia, 27 • tel. 039.2893.401  
 biblioteca@comune.brugherio.mb.it  
 www.comune.brugherio.mb.it  
 catalogo online: www.biblioclick.it



### Aperta al pubblico:

lunedì	9 - 12.30	-
martedì	9 - 12.30	14 - 19
mercoledì	9 - 12.30	14 - 19
giovedì	-	14 - 19
venerdì	9 - 12.30	14 - 19
sabato	9 - 12.30	14 - 18

# LUCIANO MAIANI

Luciano Maiani ha insegnato fisica teorica all'università "La Sapienza" di Roma. Potremmo dirvi che tra i suoi principali meriti scientifici è la previsione dei quark charm, insieme a S. Glashow e J. Iliopoulos, ma non sapremmo spiegare cosa diavolo sono...

Di lui sappiamo che è stato direttore generale del CERN di Ginevra dal 1999 al 2003. Secondo italiano dopo Rubbia - ed oggi c'è la milanese Fabiola Gianotti! Ha coordinato le fasi cruciali della realizzazione del Large Hadron Collider, decidendo di smantellare l'esistente LEP (Grande Collisore per Elettroni e Positroni) per sostituirlo con il nuovo acceleratore. Dal 2008 al 2011 ha inoltre ricoperto la carica di presidente del CNR.



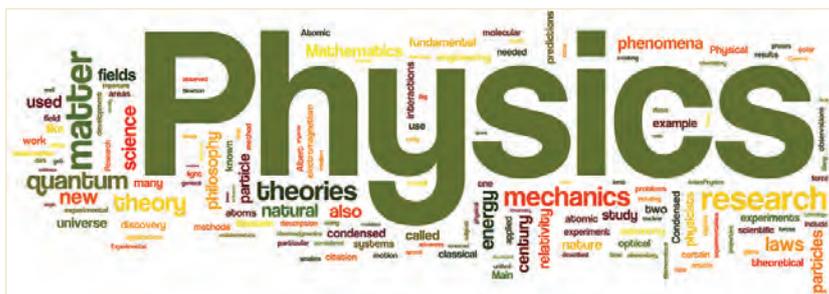
La sua idea di scienza è ben sintetizzata da questa sua dichiarazione (l'intervista è del 2013):

«La scienza non deve essere ghettizzata. Troppo spesso è considerata una specie di scatola nera abitata dagli specialisti che fanno delle cose, magari inventano il web, il telefonino, il GPS però alla fine queste cose vengono maneggiate come se fossero delle scatole chiuse, senza istruzioni. Io penso invece che, al di là del tecnicismo che le è proprio, occorre la partecipazione di tutti poiché la scienza è un fatto culturale, che porta idee, nuovi modi di pensare e di vedere. Questo è uno sforzo necessario: portare le idee fuori dai nostri laboratori».

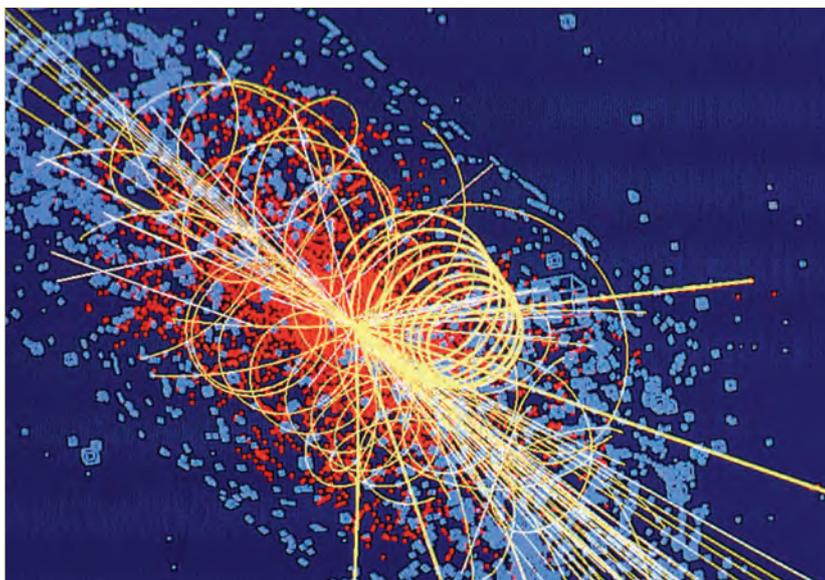
A suo nome si contano più di duecento pubblicazioni scientifiche. Non ve le proponiamo tutte: solo un piccolo assaggio dalla nostra biblioteca. Due libri divulgativi e due manuali per addetti ai lavori.

## Idee per diventare fisico. Andare a caccia di particelle - Zanichelli, 2008

Come si diventa fisico? Avendo idee, certo, ma soprattutto passione. Dall'entusiasmo per la chimica nato sui banchi di scuola, da un telescopio fai-da-te costruito a casa, da un libro di astronomia ricevuto in regalo: così è cominciata la passione per la scienza di Luciano Maiani, che in questa chiacchierata ci parla di sé, della giornata del fisico teorico, fatta del quotidiano da professore e di scoperte che si aprono come un panorama inatteso durante una scalata in montagna; ci parla della materia, delle particelle che la compongono, delle forze che la tengono assieme e la dissolvono. Un'intervista piacevolissima e che si legge d'un fiato, perché se «genio e sregolatezza non funziona», genio e divulgazione sicuramente sì.

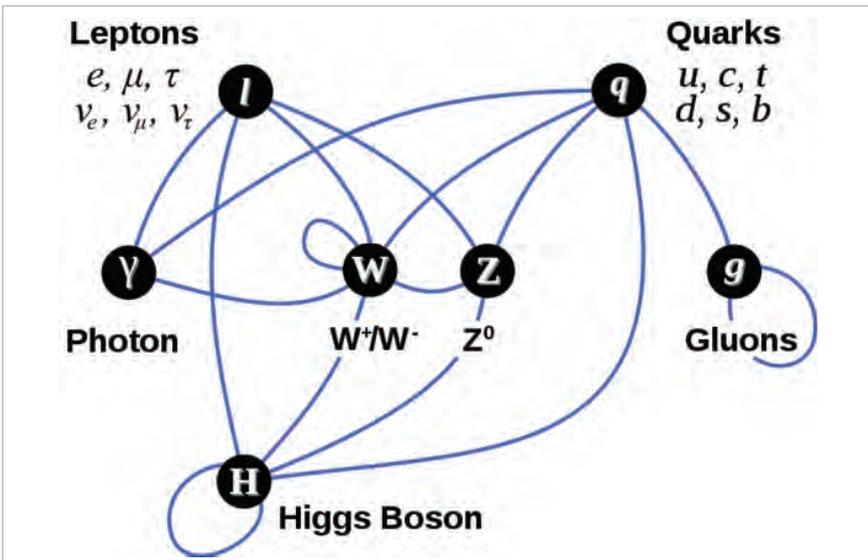


## A caccia del bosone di Higgs. Magneti, governi, scienziati e particelle nell'impresa scientifica del secolo - con Romeo Bassoli - Mondadori, 2013



Quella che Maiani e Bassoli raccontano in queste pagine è una storia a lieto fine, la storia del CERN e del suo acceleratore dall'istituzione del centro ginevrino fino all'eclatante rilevazione del bosone di Higgs. Ma il lieto fine non è stato frutto di una bacchetta magica, bensì dello sforzo congiunto e decennale di innumerevoli scienziati, che hanno dovuto vestire anche i panni di manager e politici: un'avventura lunga più di cinquant'anni, vissuta con la calma e la caparbità di studiosi che sapevano bene cosa fare e sicuri di poter realizzare la loro visione.





E se di questi temi vi piace non solo leggere ma anche ascoltare, vi proponiamo il video di una conferenza del 2013, "A caccia del bosone di Higgs", nel quale i protagonisti - Luciano Maiani, Fabiola Gianotti e Guido Tonelli, intervistati da Marco Cattaneo- ne ripercorrono difficoltà e successi:

[www.youtube.com/watch?v=zCtDrfW8S0o](http://www.youtube.com/watch?v=zCtDrfW8S0o)

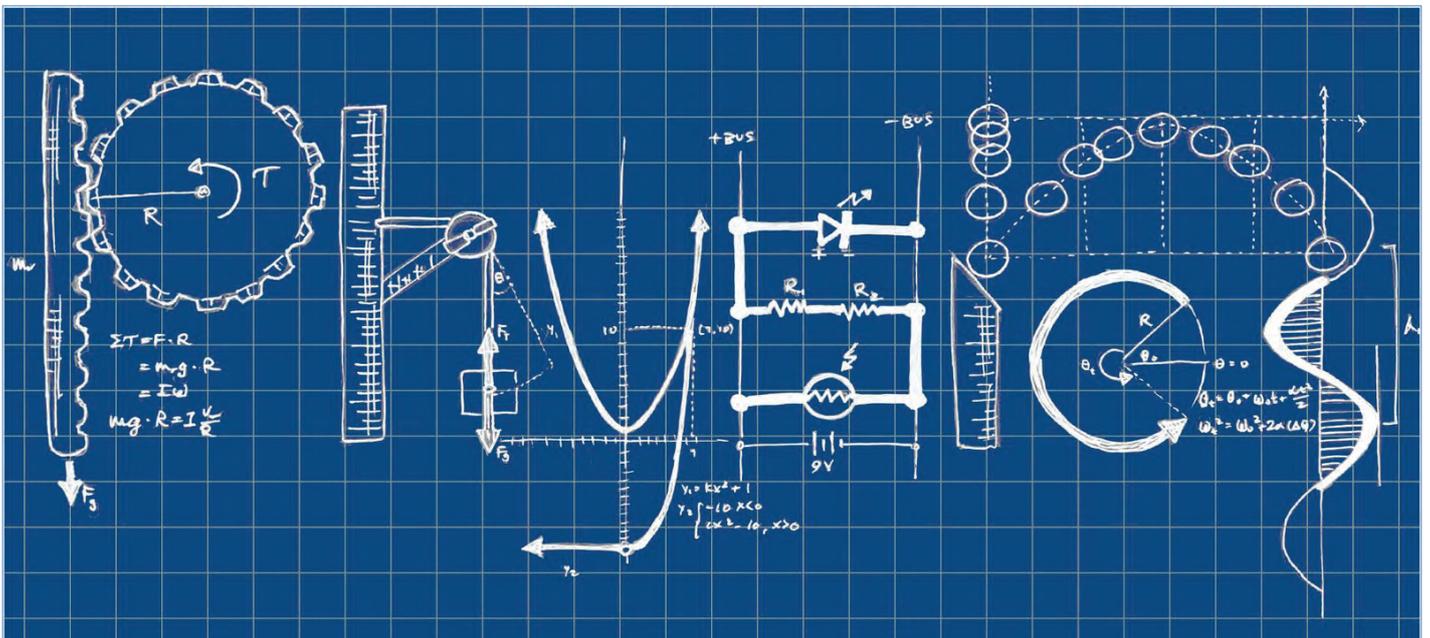
Due manuali universitari:

**Meccanica quantistica relativistica.** Introduzione alla teoria quantistica dei campi - **con Omar Benhar** - Editori Riuniti, 2012

Partendo da una rassegna della teoria della relatività ristretta questo volume, basato su lezioni universitarie tenute dall'Autore, si propone di introdurre gli studenti del primo anno di Fisica ai fondamenti della teoria quantistica dei campi. Un'illustrazione della materia che, nel capitolo conclusivo, arriva fino alle oscillazioni dei neutrini, argomento tra i più attuali e stimolanti nello studio delle particelle elementari.

**Interazioni elettrodeboli** - Editori Riuniti, 2012

Secondo volume nato nel contesto del medesimo corso universitario, si cala nel mondo delle particelle elementari e delle loro interazioni, deboli ed elettromagnetiche: la loro unificazione in interazioni elettrodeboli fece vincere nel 1979 a S. Weinberg, A. Salam e S. Glashow il premio Nobel per la fisica.



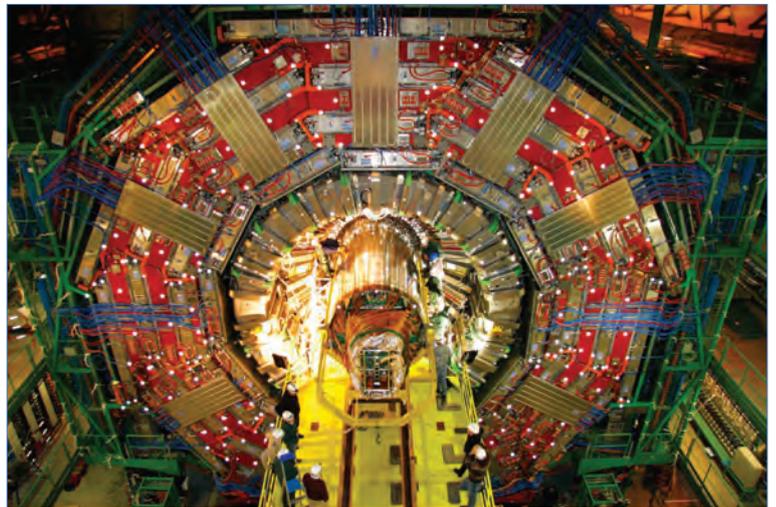
# SCIENZA IN ACCELERAZIONE: IL CERN E IL SUO GRANDE COLLISORE ADRONICO



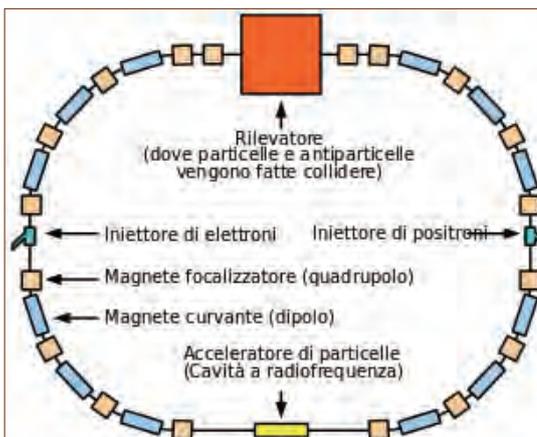
*Grazie agli studi della fisica sperimentale possiamo toccare con mano una verità vertiginosa: l'infinitamente lontano nel tempo vive ancora nell'infinitamente piccolo. Per poter conoscere quel che accadde nei primissimi istanti di vita dell'universo basta (non è semplice, ma è possibile) scendere nel cuore delle particelle elementari riproducendo, grazie alla loro collisione, le stesse condizioni fisiche degli attimi immediatamente successivi l'espansione primordiale, il cosiddetto Big Bang.*

*Al fine di analizzare tutto questo, di conoscere l'intimo della materia e delle forze che la governano, nacque nel 1954 il CERN di Ginevra, in un'Europa che voleva promuovere la rinascita*

*degli studi fisici dopo gli anni bui del secondo conflitto mondiale. Da allora i laboratori del CERN si sono sviluppati ininterrottamente, con numeri che suscitano meraviglia: più di 10.000 scienziati da circa 100 paesi, 22 Stati membri, 10 miliardi di euro investiti nell'LHC, 27 km di tunnel, 1800 magneti superconduttori, milioni di gigabyte di dati registrati ogni anno. Protagonisti di questa gigantesca impresa sono loro, i protoni, la cui collisione genera un'energia pari... al volo di quattordici zanzare! Perché tutto al CERN è grande tranne ciò che vi si studia. Ma le conseguenze di tali studi sono immense.*



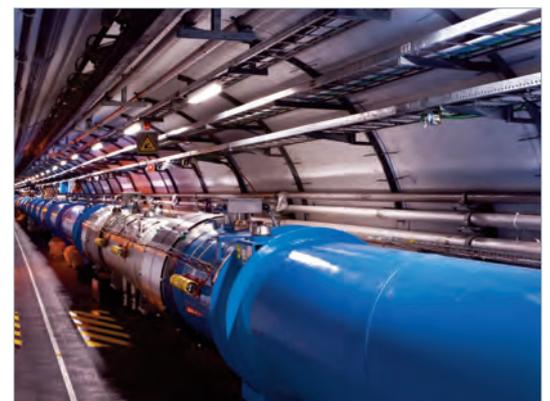
## LHC



Cuore pulsante del CERN è il Large Hadron Collider, il collisore di particelle più potente al mondo: un anello di 27 km di circonferenza nel quale vengono accelerati fasci di adroni (protoni e ioni di piombo).

### Ma come funziona?

I fasci, ognuno costituito da 3000 pacchetti di particelle l'uno, vengono innanzitutto accelerati nella catena di sei acceleratori più piccoli, lineari e circolari, prima di essere iniettati nell'LHC, dove circoleranno, in direzioni opposte, in un vuoto (quasi) pari a quello intergalattico fino a raggiungere una velocità pari al 99,9% di quella della luce. A dare la spinta ai fasci e a mantenerli in traiettoria sono ben 1800 magneti superconduttori, raffreddati a temperature bassissime così da generare campi molto intensi con un consumo minimo di elettricità. A questo punto i fasci di particelle sono pronti per la collisione, che avviene al ritmo di 30 milioni di volte al secondo in corrispondenza di quattro enormi rivelatori, i cosiddetti 'esperimenti', là dove gli scontri sono registrati e fotografati. L'analisi dei dati è quindi compito dei fisici, che in questi ultimi anni hanno regalato al mondo incredibili scoperte e nuove attraenti prospettive.



# Il bosone di Higgs

È la scoperta per eccellenza degli ultimi anni, quella che ha riportato la fisica nei servizi dei telegiornali, a lungo digiuni di scienza.

Il 4 luglio 2012 (vedi foto a fianco) due gruppi di scienziati del CERN annunciano l'osservazione di una particella compatibile con il bosone di Higgs, anche soprannominato – contro la volontà del suo teorizzatore – “la particella di Dio”: perché come il Dio delle religioni monoteiste creò le cose, dandogli forma e materia, così il bosone di Higgs ha la proprietà di conferire alle altre particelle elementari (fotone escluso) l'essenziale proprietà della massa.

La sua esistenza era stata teorizzata dal fisico omonimo quasi cinquant'anni prima, nel 1964; lo sforzo congiunto degli scienziati del CERN ha conferito a una brillante elaborazione teorica l'attesa luce della conferma sperimentale.

La fisica delle particelle elementari è piuttosto complessa per i profani, non mancano per fortuna testi che la rendono accessibile a tutti, facendo anche vivere la passione e l'emozione delle grandi scoperte.

**Guido Tonelli, La nascita imperfetta delle cose.** La grande corsa alla particella di Dio e la nuova fisica che cambierà il mondo - Rizzoli, 2016

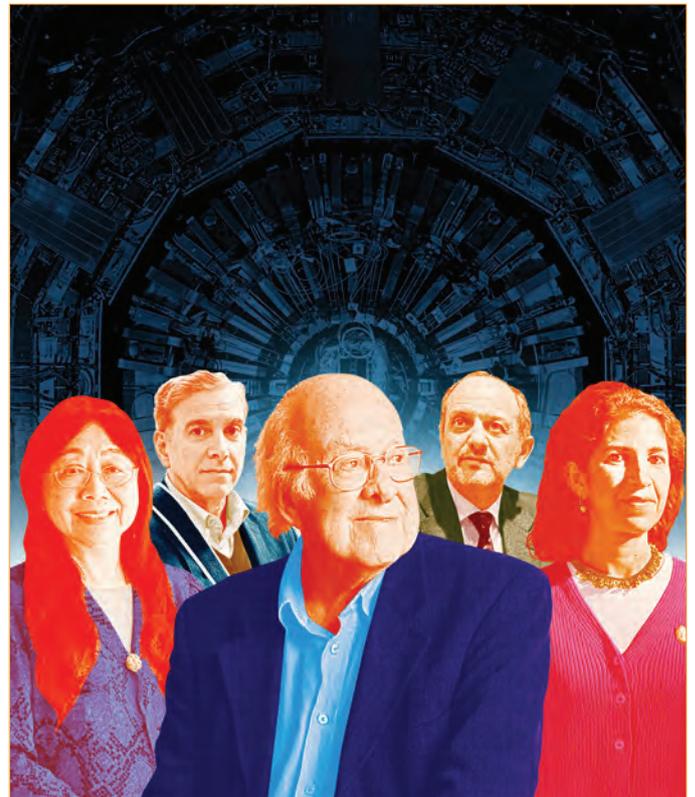
2016

*Se il tutto esiste, è grazie a una imperfezione. Perché se le cose fossero andate secondo i calcoli l'universo non sarebbe mai dovuto nascere, dissolto in pura energia dal contatto impossibile tra materia e antimateria. Ma un minuscolo difetto, una sottile anomalia ha fatto sì che, un centesimo di miliardesimo di secondo dopo il Big Bang, il bosone di Higgs preferisse la materia all'antimateria, conferendole la massa e dando così il via all'evoluzione dell'universo come lo conosciamo. È per tornare indietro ad allora che il CERN ha realizzato l'LHC. Di questa impresa collettiva Tonelli racconta qui contenuti e retroscena, intervallati da divagazioni (e qualche aneddoto) su Peter Higgs e gli altri protagonisti di questa ricerca, e conditi dall'onesta rivalità nella corsa alla particella di Dio tra lui, portavoce di CMS, e Fabiola Gianotti, capo di ATLAS. Chi arriverà per primo?*



**Marco Delmastro, Particelle familiari.** Le avventure della fisica e del bosone di Higgs, con Pulce al seguito - Laterza, 2014

*L'autore, fisico dell'esperimento ATLAS, si immagina in dialogo sul tema della fisica delle particelle con la figlia di cinque anni – la cui domanda preferita è, da brava Pulce, 'come funziona?' – e con la moglie, letterata di casa dall'infinita pazienza. Ne nasce un saggio divulgativo scritto in uno stile estremamente accessibile e colloquiale, che accompagna il lettore nel mondo dell'invisibile rendendolo, davvero, un mondo familiare.*



mass = 2.3 MeV/c <sup>2</sup> charge = 2/3 spin = 1/2	mass = 1.275 GeV/c <sup>2</sup> charge = 2/3 spin = 1/2	mass = 173.07 GeV/c <sup>2</sup> charge = 2/3 spin = 1/2	mass = 0 charge = 0 spin = 1	mass = 126 GeV/c <sup>2</sup> charge = 0 spin = 0
u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs boson
mass = 4.18 MeV/c <sup>2</sup> charge = -1/3 spin = 1/2	mass = 1.67 MeV/c <sup>2</sup> charge = -1/3 spin = 1/2	mass = 4.18 GeV/c <sup>2</sup> charge = -1/3 spin = 1/2	mass = 0 charge = 0 spin = 1	
d down	s strange	b bottom	γ photon	
mass = 0.511 MeV/c <sup>2</sup> charge = -1 spin = 1/2	mass = 105.7 MeV/c <sup>2</sup> charge = -1 spin = 1/2	mass = 1.777 GeV/c <sup>2</sup> charge = -1 spin = 1/2	mass = 81.2 GeV/c <sup>2</sup> charge = 0 spin = 1	
e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
mass = 0 charge = 0 spin = 1/2	mass = 0 charge = 0 spin = 1/2	mass = 0 charge = 0 spin = 1/2	mass = 80.4 GeV/c <sup>2</sup> charge = 0 spin = 1	
ν <sub>e</sub> electron neutrino	ν <sub>μ</sub> muon neutrino	ν <sub>τ</sub> tau neutrino	W W boson	

## Leon M. Lederman, Christopher T. Hill, Oltre la particella di Dio. La fisica del XXI secolo - Bollati Boringhieri, 2014

*Il sottosuolo di Ginevra è popolato di novelli Nibelunghi, che, come i nani fatati della tradizione pagana nordica, hanno fabbricato nelle viscere della terra il loro potente anello. Non è fatto con l'oro del Reno e non conferisce al suo possessore poteri tali da sfidare gli dei; è in niobio-titanio e ha scovato la tanto sospirata particella di Dio. Con questa immagine wagneriana Lederman e Hill confermano il talento da divulgatori: accompagnano i lettori attraverso i più importanti e controversi temi della fisica di oggi e di ieri – massa, neutrini, acceleratori, bosoni. Non manca la critica al governo americano, che nel 1993 tagliò i finanziamenti, facendo morire così il sogno di un acceleratore a stelle e strisce.*

## Fisica estrema. Le nuove sfide oltre il bosone di Higgs - Le Scienze, 2013

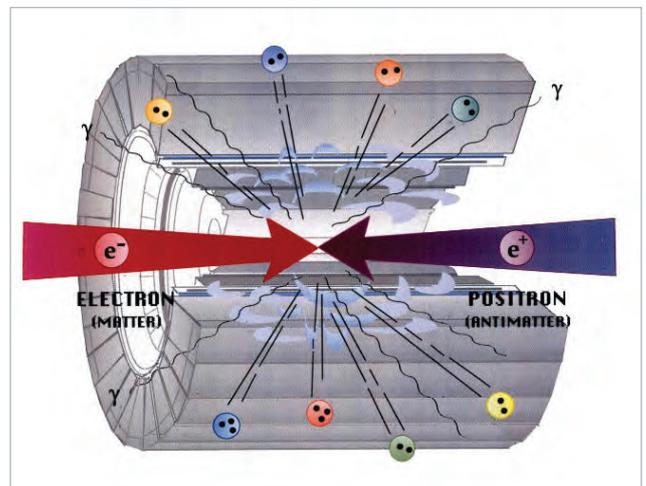
*Una breve opera collettiva in cui numerosi studiosi illustrano le nuove sfide e frontiere oltre la particella di Higgs. Perché se la conferma sperimentale dell'esistenza del bosone ha rappresentato un grande successo, la ricerca fisica non si ferma mai, proiettata verso nuovi orizzonti e "vecchi" problemi ancora da risolvere, quali il mistero della materia oscura, l'unificazione del modello standard e le proprietà quantistiche della gravità. Uno stato dell'arte della fisica contemporanea, voluto e promosso dalla rivista 'Le Scienze'.*

## Ugo Amaldi con Adele La Rana, Sempre più veloci. Perché i fisici accelerano le particelle: la vera storia del bosone di Higgs - Zanichelli, 2012

*Erede di una stirpe di fisici, il cui nome è leggenda per tutti gli studenti del liceo scientifico, Amaldi si dedica qui alla storia degli acceleratori di particelle e alle scoperte possibili grazie a queste macchine meravigliose. Il racconto inizia lontano, nel 1895, «quando la signora Röntgen vide la cena raffreddarsi perché suo marito non saliva dal laboratorio». Quel giorno Wilhelm Röntgen aveva scoperto i raggi X, e lo aveva fatto accelerando un fascio di elettroni e proiettandolo contro un fondo di vetro: era il primo acceleratore di particelle, non più grande di un tavolino da tè.*

## L'antimateria

Al CERN c'è tutto, e anche il contrario di tutto: l'antimateria. Costituita di antiparticelle, in tutto identiche alle particelle ma dotate di carica elettrica opposta, l'antimateria è rarissima in natura: un tavolo fatto di antimateria sarebbe indistinguibile da un nostro normale tavolo di materia. Ma materia e antimateria non possono coesistere perché, se entrano in contatto, si annichiliscono dissolvendosi in un flash di energia: nei primi istanti del Big Bang, quando l'una e l'altra erano presenti in eguale quantità, avrebbero dovuto annullarsi a vicenda impedendo la nascita dell'universo. Ma così non è stato, la materia ha prevalso. Perché? Anche su questo indagano gli scienziati del CERN, capaci di creare piccole quantità di antimateria, imprigionarla in gabbie elettromagnetiche, e studiarla grazie all'AD, il Deceleratore di Antiprotoni, dove le antiparticelle vengono rallentate per studiarne le proprietà. E non è tutta teoria: questi studi hanno già portato all'applicazione pratica dell'antimateria nel campo della diagnosi dei tumori.



## Frank Close, Antimateria - Einaudi, 2010

*Un'analisi d'insieme sull'oggetto quanto mai sfuggente dell'antimateria, che spazia dalla sua natura fisica e dalla sua estrema rarità, ai possibili usi (e costi) di questa pericolosissima anti-realtà: da propulsore per aerei a annihilatore di rifiuti tossici, fino al distruttivo impiego come ordigno bellico. Tutti scenari ancora confinati nella fantascienza e nel fantasy, dei quali Close racconta le potenzialità allo stato delle attuali conoscenze teoriche e sperimentali.*

# Il CERN... in giallo!

E visto che là dove ci sono misteri e domande arriva, affamata, anche la narrativa, perché non addentrarci nei corridoi del CERN in compagnia di qualche romanzo? Due libri che tingono di giallo la fisica delle particelle.



## Alain Connes, Danye Chereau, Jacques Dixmier, La punta dell'ago. Un giallo quantistico- Carocci, 2015

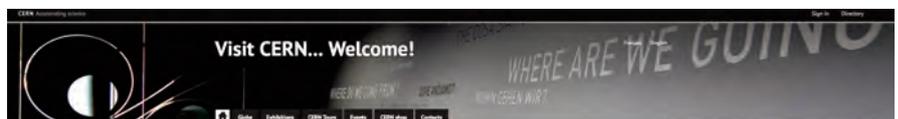
*Alain Connes – qui coadiuvato da sua moglie e dal suo mentore – non è un romanziere, bensì un matematico di spericolata acutezza, che invece di «calcolare e ricalcolare la noia» (C. Rovelli) in articoli accademici triti, scritti al solo fine di aggiornare il curriculum, sceglie di dare alla meccanica quantistica la forma di un romanzo. Una scelta coraggiosa quanto lo è la protagonista di queste pagine, Charlotte, scienziata brillante e venera dagli occhi color pervinca, coinvolta in un intrigo scientifico-poliziesco che cambierà la sua visione del tempo: da ossessione assoluta a fenomeno sottoposto al “capriccio” della casualità quantistica. Se si è disposti a perdonare a Connes qualche inciampo*

*narrativo e stilistico, inevitabile per chi non è scrittore di professione, si avrà con questo giallo, svagandosi, l'accesso a un mondo che eccita l'immaginazione.*

## Bruno Arpaia, L'energia del vuoto - Guanda, 2011

*Al CERN «c'è un florilegio di barzellette che girano attorno alla stessa idea: ci piace andare sempre al lavoro, anche a scapito di mogli e amanti» (L. Maiani). E altrettanto a scapito dei mariti. Come accade a Emilia Viñas, ricercatrice del CERN, il cui rapporto col marito Pietro è giunto ormai a un punto morto. Finché Emilia non scompare nel nulla, lasciando marito e figlio in folle corsa su un'auto diretta a Marsiglia, in fuga da un pericolo di cui sono ignari. Il CERN di Arpaia non è solo un luogo di ricerca e studio, ma un crocevia di interessi spregiudicati, trame, arrivismi, pericoli (persino troppi). A scoperchiare il vaso di Pandora sarà, con le sue domande, un'altra donna innamorata del suo lavoro, la giornalista Nuria Moreno.*

## Visite al CERN

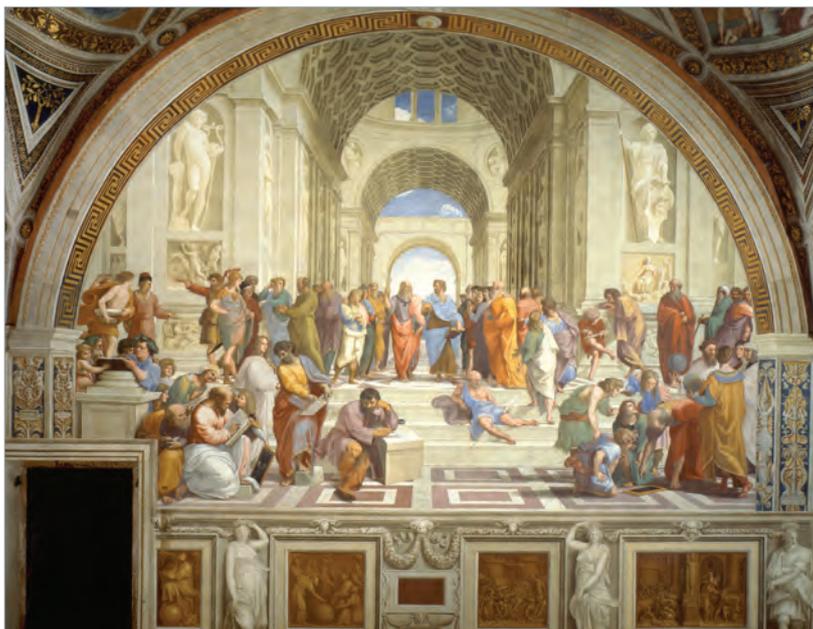


È noto che i laboratori del CERN sono visitabili, sebbene durante il funzionamento dell'LHC siano sospese le visite sotterranee. Meno risaputo è invece che la visita è gratuita per tutti i cittadini degli Stati membri, tra i quali l'Italia. Perché non approfittarne?

Questo l'indirizzo per tutte le informazioni e le prenotazioni:  
<http://visits.web.cern.ch/>



# BREVE STORIA DELLA FISICA DEL TEMPO



Al centro della “Scuola di Atene” di Raffaello (qui a fianco) due figure avanzano guardandosi l’un l’altra, il filosofo della trascendenza, coll’indice puntato al cielo, e quello dell’immanenza, col palmo rivolto verso la terra.

Questa contrapposizione tra Platone e Aristotele si ripropone anche per il concetto di tempo: per Platone il tempo è «immagine mobile dell’eternità» (Timeo 37d), cioè una trasposizione sul piano sensibile dell’eternità ideale, una proprietà che si genera nel continuo movimento ma che esiste soltanto in rapporto all’eterno, di cui è immagine (cioè copia). Aristotele recide questo nesso, definendo il tempo «numero del movimento secondo il prima e il poi» (Fisica 219b 1), ovvero una semplice proprietà del moto, in assenza del quale il tempo non esiste. Dove non succede nulla non c’è neanche tempo. Un’intuizione estremamente moderna,

che troverà la sua conferma due millenni più tardi nella teoria della relatività di Albert Einstein.

## Isaac Newton

*Nature and Nature's laws lay hid in night:*

*God said, "Let Newton be!" and all was light (A. Pope)*

*[La natura e le sue leggi brancolavano nel buio:*

*Dio disse "Sia Newton" e tutto fu luce]*

Prima che Einstein la travolgesse con la sua teoria della relatività ristretta, la concezione del tempo affermata nei secoli fu quella di tempo assoluto, così come elaborata da Isaac Newton: un contenitore entro il quale si svolgono gli accadimenti del mondo ma indipendente da questi, che scorre uniformemente senza relazione con alcunché di esterno. «Come una commedia in cui ci sia il primo atto, il secondo atto, il terzo atto, ma sul palco non succede niente» (C. Rovelli). È il tempo in sé, vero e matematico, pilastro della meccanica newtoniana insieme al suo gemello, lo spazio assoluto. Sembrava funzionare, e funzionò a lungo... fino al 1905 e alla comparsa sulla scena della fisica di Albert Einstein.

## Robert DiSalle, Capire lo spazio-tempo. Lo

sviluppo filosofico della fisica da Newton a Einstein - Bollati

Boringhieri, 2009

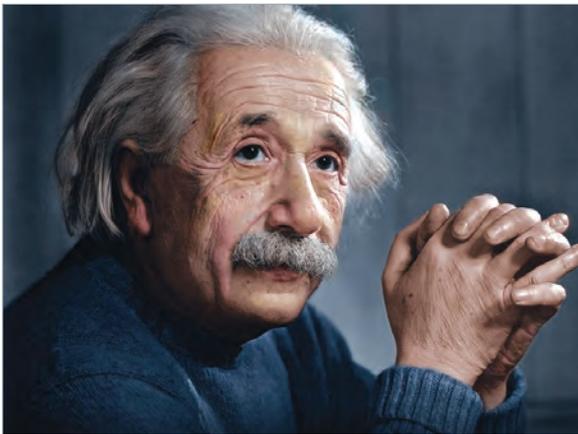
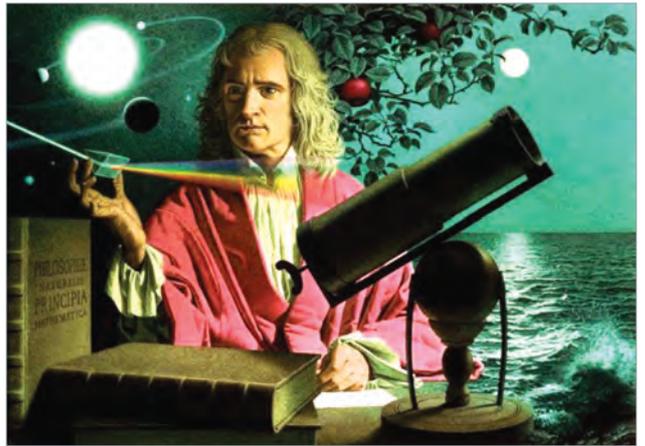
*Saggio dedicato alla filosofia della scienza illustra come un tema fertile quale la concezione dello spazio e del tempo dimostri l'unitarietà di fisica e filosofia, perché come il mondo fisico si fa oggetto di riflessione filosofica così la filosofia diviene strumento di indagine scientifica. In un percorso rigorosamente cronologico che va da Newton a Einstein, passando per Kant e Poincaré, DiSalle ripercorre con metodo e linearità il concetto a due teste dello spazio-tempo.*



E per respirare l'aria del XVII secolo, un libro dal titolo irriverente:

## **Andrea Frova, Mariapiera Marenzana, Newton & Co. geni bastardi.** Rivalità e dispute agli albori della fisica - Carocci, 2015

*Menti eccelse, certo, ma anche pessimi caratteri. Tali sono, nell'onestà ricostruzione di Frova e Marenzana, i quattro geni della Royal Society della fine del Seicento: Newton, Hooke, Leibniz e Huygens (e con loro un buon numero di comprimari). La natura della luce, il calcolo infinitesimale, la legge di gravitazione e persino il brevetto dell'orologio a molla furono oggetto di diatribe asprissime, nelle quali vi erano in gioco tanto la paternità scientifica quanto, più concretamente, personali tornaconti. Sullo sfondo storico di un'Inghilterra attraversata da guerre, pestilenze e incendi, questi scienziati con le loro rivalità ci mostrano come «la scienza non sia una costruzione asettica e smaterializzata, come spesso ce la presentano la finzione mediatica e la ricostruzione scolastica, bensì il prodotto "umano, troppo umano" del lavoro di uomini che hanno i difetti e le meschinità di tutti, ma il rigore e la genialità di pochi. E non c'è affatto da dispiacersene: al contrario, parafrasando la Vita di Galileo di Bertolt Brecht, "beata è la scienza, che non ha bisogno di eroi"» (P. Odifreddi).*



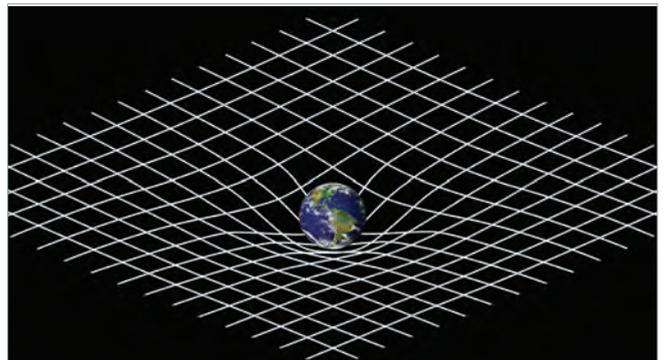
## **Albert Einstein**

*Il tempo non è affatto ciò che sembra. Non scorre in una sola direzione, e il futuro esiste contemporaneamente al passato.*

Nella lettera indirizzata ai parenti di Michele Besso, amico carissimo scomparso da qualche giorno, Einstein scrisse del tempo che «per noi, fisici di fede, la separazione tra passato, presente e futuro ha solo il significato di un'illusione, per quanto tenace». Parole che non sono solo una delicata consolatio per la dipartita dell'amico, ma una convinzione autentica che permea, partendo dalla fisica, anche il piano del pensiero e della filosofia. Con Einstein è infatti iniziata quella «degradazione dello statuto ontologico del tempo» (M. Pauri) – cioè del tempo assoluto newtoniano – che prosegue fino ai giorni nostri con le più recenti elaborazioni della fisica contemporanea: nel 1905 prima, con la teoria della relatività ristretta, e nel 1915 poi, con quella della relatività generale, Einstein compie una rivoluzione le cui implicazioni ammaliano ognuno di noi: se non per le sue equazioni (lasciamole agli specialisti), chi non è rimasto basito al sentire per la prima volta – sia stato a scuola o durante una puntata di Superquark – che il tempo è curvo?

## **Albert Einstein, Relatività: esposizione divulgativa** - Bollati Boringhieri, 2011

*Spesso il modo più semplice per capire una teoria è farcela spiegare dalla persona stessa che l'ha elaborata. Il merito di questa esposizione divulgativa è nella sua chiarezza e ricchezza di esempi, che riescono nell'intento di rendere la relatività un concetto intuitivamente comprensibile, senza indugiare troppo nella matematica (pur comunque necessaria e presente), ma soffermandosi piuttosto sull'idea guida delle due rivoluzioni einsteiniane. Perché – come vuole la relatività ristretta – l'ora' assoluto è un'illusione e il tempo dipende dalla velocità di moto del sistema di riferimento? E in che modo lo spazio-tempo – lo dice la relatività generale – si curva attratto dalle masse? Einstein, senza lasciare il compito ad altri, provvede qui personalmente a spiegarcelo in una forma (relativamente) accessibile.*



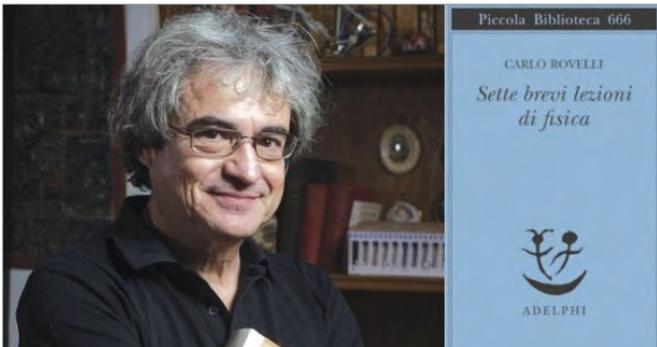


# Fisica quantistica e ultime frontiere della ricerca

Avete mai pensato al tempo come una schiuma? Per la fisica quantistica potremmo descriverlo così. Una nuova svolta nella concezione del tempo si affacciò nel panorama scientifico proprio grazie alla meccanica quantistica, e cioè quella teoria fisica che studia le interazioni atomiche e subatomiche, e che descrive sia la materia sia la radiazione come particelle in moto ondulatorio. Non fu subito svolta però: la fisica quantistica è stata infatti formulata sulla base del tempo assoluto newtoniano che, sulle brevi distanze, sembrava funzionare perfettamente. Sennonché se si guardano le cose molto da vicino, sulla scala microscopica dell'enormemente piccolo, anche lo spazio-tempo si frantuma e parcellizza, influenzato dalla gravità, trasformandosi da telo flessibile, ma liscio e continuo, in una sorta di schiuma porosa e discontinua. Il tempo va letteralmente in pezzi... e non è finita. Perché secondo alcune teorie quantistiche più recenti, il tempo non esiste affatto.



Lo sostiene ad esempio il fisico italiano **Carlo Rovelli**, autore di una serie di libri divulgativi che hanno avuto un grandissimo successo editoriale, sintomo di una grande voglia di capire anche le frontiere più specialistiche e le conquiste più anti-intuitive della fisica di oggi.



**Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?** - Di Renzo, 2004

**Sette brevi lezioni di fisica** - Adelphi, 2014

**La realtà non è come ci appare.** La

struttura elementare delle cose - Cortina, 2014

**Che cos'è la scienza.** La rivoluzione di Anassimandro - Mondadori, 2014

*Quattro testi che riappacificano con la fisica, tornano a farcela sentire "patrimonio di tutti", anche là dove gli specialisti inseguono le ipotesi più bizzarre, tra superstringhe e quanti di spazio/tempo.*

*L'autore ripercorre le principali tappe di quel sapere umano che è uno dei beni più preziosi che abbiamo conquistato come esseri culturali: la scienza. In particolare illustra le questioni meno facili da comprendere perché le evidenze e il senso comune ci hanno abituati a una realtà ben diversa da quella che andiamo scoprendo.*

*Rovelli, con le sue ricerche, si è convinto che il tempo non esiste, le equazioni che spiegano la realtà del "molto piccolo" non hanno più bisogno della "lettera t". È solo a livello macroscopico che recupera la sua funzione: perché il tempo è come la liquidità, una 'proprietà emergente', che non esiste a livello molecolare ma compare in presenza di grandi quantità di atomi elementari di spazio. Il tempo si comporta proprio come spiegava Einstein...: chi abita ai piani alti si rassegna a invecchiare un po' prima dei suoi condomini del piano terra!*

*Se avremo la possibilità di passare nelle vicinanze di un buco nero... potrà succedere qualcosa di simile a quanto si immagina il recente film "Interstellar", che ha avuto come consulente Il fisico teorico Kip Thorne. Il film è fantascienza, per fare il punto su buchi neri e tempo, è meglio farsi aiutare da un piccolo libretto di uno dei più famosi fisici:*



**Stephen Hawking**

**Dove il tempo si ferma.** La nuova

teoria sui buchi neri - Rizzoli, 2016

*«Si dice che a volte la realtà superi la fantasia. Nel caso dei buchi neri possiamo dire che nessuno tra gli scrittori di fantascienza è mai arrivato a immaginare tanto». Con questo incipit non si può che proseguire la lettura, tutto d'un fiato!*

## Stephen Hawking, Il problema del tempo.

Riflessioni sulla quarta dimensione - [Le Scienze](#), 2014

*Per chi ama le miscellanee di articoli, questa raccolta di brevi contributi è l'ideale. Le molteplici facce del diamante del tempo poste sotto la lente di ingrandimento di altrettanti studiosi.*

## Julian Barbour, La fine del tempo.

La rivoluzione fisica prossima ventura - [Einaudi](#), 2003

*Un saggio sul tempo in fisica che vuole dimostrare come la non-esistenza del tempo possa tranquillamente convivere con la nostra coscienza del suo scorrere. L'autore, studioso privato di dinamica e teoria del tempo, si infila nella incompatibilità tra meccanica quantistica e teoria della relatività per indagare il mistero di un tempo che c'è o non c'è a seconda del punto di vista di chi lo osserva.*



## Lee Smolin, La rinascita del tempo.

Dalla crisi della fisica al futuro dell'universo - [Einaudi](#), 2014

*L'autore aveva lavorato con Rovelli, seguendo la pista della non esistenza del tempo. Poi ha avuto un ripensamento: «Nell'ultimo secolo, i progressi della scienza hanno portato molti miei colleghi a ritenere che il tempo emerga da una descrizione più fondamentale della natura in cui il tempo non compare. Credo – con tutta la fermezza con cui si può credere qualcosa nella scienza – che abbiano torto. Il tempo si rivelerà essere l'unico aspetto della nostra esperienza quotidiana davvero fondamentale. Il fatto che nella nostra percezione sia sempre un qualche momento e che nella nostra esperienza quel momento faccia parte di un flusso di momenti non è un'illusione». In quest'ottica Smolin analizza la storia del tempo, dalla sua scomparsa alla sua rinascita, convinto che tale percezione sia «l'indizio migliore che abbiamo della realtà fondamentale». Addirittura arriva a immaginare un'evoluzione delle leggi fisiche lungo il corso dello sviluppo dell'universo, proprio come avviene per i viventi!*

E per chi si sentisse un po' smarrito dalle notizie che giungono dalle più avanzate frontiere della ricerca, proponiamo un'ora di ascolto, una conferenza che presenta il problema del tempo in modo molto comprensibile, quasi simpatico, spaziando dalla fisica alla biologia e anche alla psicologia:

## Edoardo Boncinelli, Che cos'è il tempo.

Riflessioni sulla quarta dimensione. AUDIOLIBRO - [Sossella](#), 2007

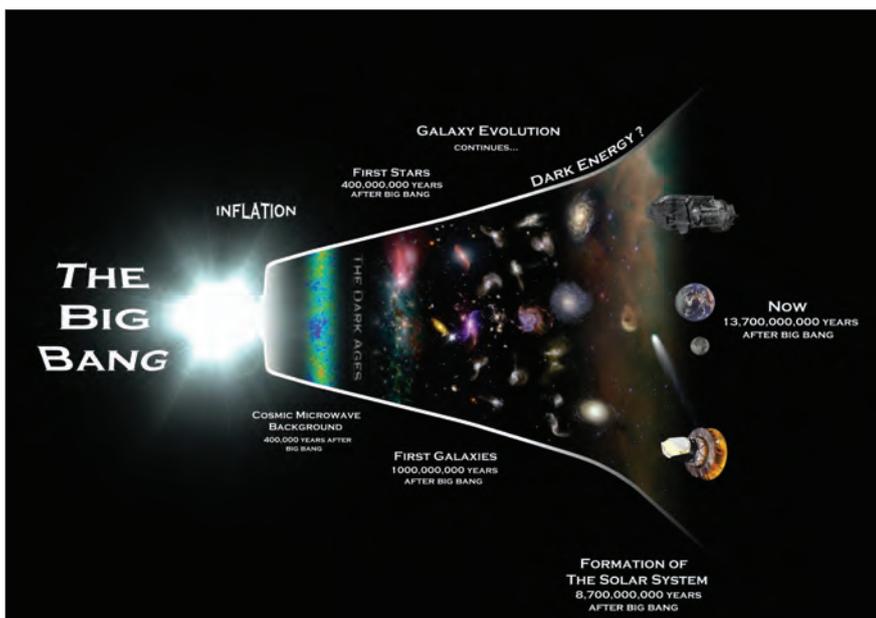
Forse ci ha visto giusto il reverendo Charles Lutwidge Dodgson, scrittore e matematico, in arte Lewis Carroll, quando nel 1865 pubblica "Le avventure di Alice nel Paese delle Meraviglie", creando l'indimenticato personaggio di *The White Rabbit* (Bianconiglio):

*Alice: «Per quanto tempo è per sempre?».*

*Bianconiglio: «A volte, solo un secondo».*



# L'INIZIO DEL TEMPO TRA COSMO E MICROCOSMO

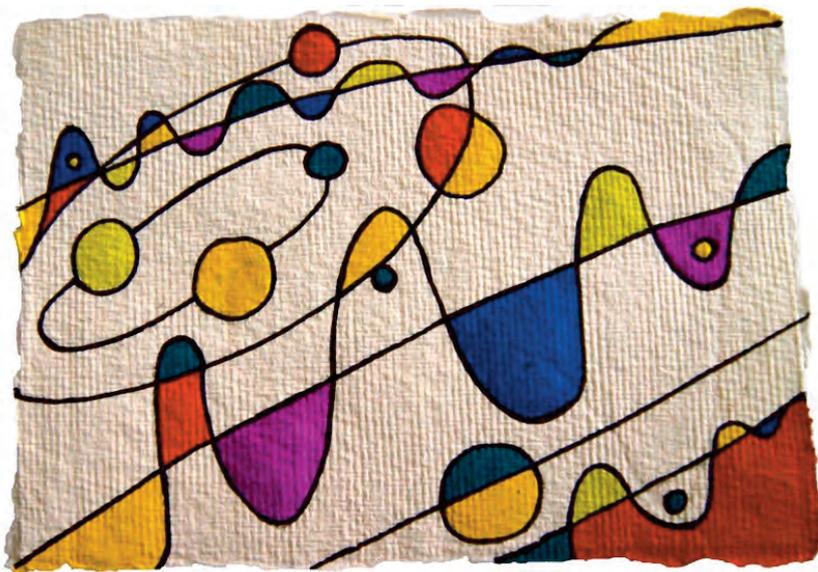


*Prima del Big Bang non esisteva nulla, e anche se qualcosa fosse esistito non sarebbe comunque un problema che riguarderebbe la scienza. Perché il tempo ha avuto origine con l'origine dell'universo, quando il tutto, prima compresso in un singolo punto di dimensioni nulle, si è espanso per l'esplosione primordiale. La percezione comune che le cose abbiano inizio in un tempo che sempre è stato e sempre sarà va in frantumi di fronte all'evidenza che è il tempo ad aver avuto inizio, insieme all'inizio delle cose e dello spazio. E così, tanto il più piccolo costituente della materia – quei 'semi delle cose' cantati da Lucrezio nel suo *De rerum natura* –, quanto i più grandi conglomerati di massa – come i buchi neri –, hanno avuto la medesima origine nel medesimo istante, istante al quale la*

*scienza cerca di risalire per spiegarci il principio di questo nostro cosmo. La selezione di libri che segue, breve viaggio nelle meraviglie dell'universo, condivide tale presupposto.*

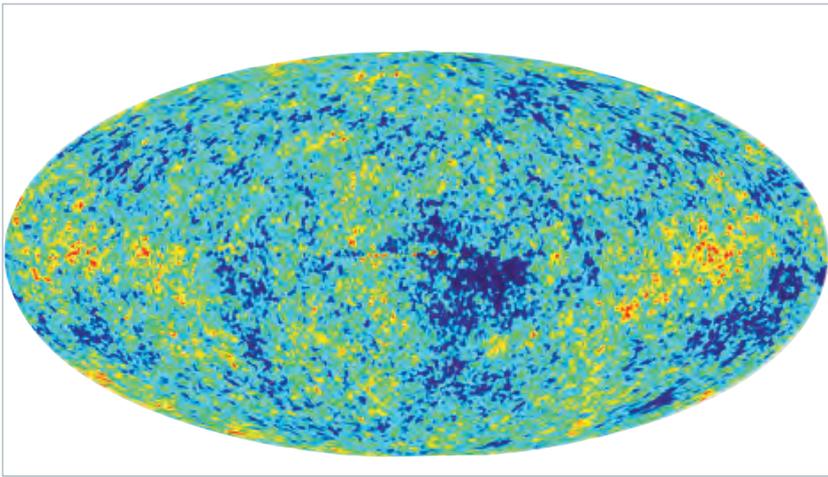
**Christophe Galfard, L'universo a portata di mano.** In viaggio attraverso la fisica dello spazio e del tempo - **Bollati Boringhieri, 2016**

*Galfard apre il suo saggio con la promessa di non citare mai equazioni (con un'unica eccezione  $E=mc^2$ ) e con la dichiarata ambizione di scrivere un libro che non lasci indietro nemmeno un lettore. Il risultato è un testo a portata di mano, che abbraccia tutti i misteri dell'universo, dagli spazi siderali alle implicazioni della velocità, dall'energia oscura all'origine dello spazio e del tempo. Ma Galfard ha anche un altro pregio, quello di saper valorizzare gli errori: infatti è proprio grazie agli sbagli, ai vuoti che una teoria non sa colmare, che la scienza ha compiuto tanti progressi, desiderosa di scoprire quel che era stato solo intravisto, di correggere l'errore per aprirsi a nuovi orizzonti. «Gli sbagli servono a scoprire ciò che è esatto, a spingersi più avanti»: vale per lo scienziato, e vale anche per il comune lettore.*



**Neil Turok, L'uomo e l'universo.** Dai quanti al cosmo - **Il Saggiatore, 2015**

*Se vivi nel Sudafrica dell'apartheid guardare il cielo e innamorarsi dei suoi misteri può essere un modo non per fuggire, ma per rinnovare la propria fiducia nell'uomo, in quel che di bello sa fare e immaginare quando, curioso di capire, si innalza al di sopra della propria condizione. Con questo spirito di libertà Turok, sudafricano di nascita, sceglie di dedicarsi allo studio del cosmo, che qui indaga sia in linea verticale, scendendo dai suoi costituenti più grandi, come le stelle, fino alla realtà microscopica dei quanti, sia in linea orizzontale, raccontando la storia dell'idea di universo, dal greco Anassimandro fino ai fisici del XX secolo. Con la prospettiva di un futuro prossimo, tra pc quantistici e teorie del tutto, a fare da nuovo orizzonte di ricerca.*



## Gli enigmi del cosmo. Dal big bang all'energia oscura - Le Scienze, 2014

È del giugno di quest'anno la conferma della terza registrazione di onde gravitazionali (la prima fu nel 2014), e cioè quelle deformazioni dello spaziotempo che avvengono quando grandi masse, quali due buchi neri, si fondono sprigionando energia. Eventi tanto sconvolgenti che l'eco degli stessi è avvertibile a miliardi di anni luce di distanza, catturata da potenti rilevatori. Una scoperta scientifica che va ad aggiungersi alle numerose prove

dell'esattezza della teoria della relatività generale. Ma altri fronti restano ancora da indagare, quale l'energia oscura a cui è attribuibile l'accelerazione dell'inflazione cosmica, iniziata col Big Bang e ora sempre più rapida. E dobbiamo sbrigarci, perché sarà proprio questa accelerazione, seppur in un futuro non prossimo, a impedire ai nostri discendenti di scoprire alcunché sull'origine dell'universo.

## Stephen Hawking con Leonard Mlodinow, La grande storia del tempo

- Rizzoli, 2005

Stephen Hawking aggiorna in questo saggio il suo celeberrimo *Dal big bang ai buchi neri*. Breve storia del tempo: il prodotto è un libro ancor più chiaro e accessibile, che si sofferma su recenti teorie scientifiche, come quella delle stringhe, e che aggiunge un capitolo completamente nuovo e di grande fascino dedicato ai viaggi nel tempo. Muoversi tra passato e futuro, in teoria, è possibile; ma siamo sicuri che sarebbe davvero un vantaggio?

## Brian Greene, La trama del cosmo. Spazio, tempo, realtà - Einaudi, 2004

Brian Greene allestisce in questo volume una panoramica del cosmo – la sua origine, la sua evoluzione, la sua natura quantistica – procedendo secondo le due coordinate dello spazio e del tempo, sulla cui natura di realtà o di astrazione scientifica si interroga ripetutamente. Con un'esposizione nitida, e a tratti ironica, l'autore ricerca la conciliazione di tutte le entità dell'universo, dalla più piccola particella ai più vasti buchi neri, con qualche fuga in avanti nella fantascienza e nell'immaginazione.

## Stephen Hawking, La teoria del tutto. Origine e destino dell'universo - Rizzoli, 2003

Delle sette lezioni di fisica che compongono questo volume, la quinta e la sesta in particolare si dedicano al problema dello spaziotempo. L'intuizione venne a Hawking durante un congresso in Vaticano: e se lo spaziotempo fosse una superficie di dimensioni finite ma senza alcun confine che la racchiuda? In un universo autonomo e completamente racchiuso in se stesso che bisogno ci sarebbe di un Dio? E se questa assenza di confini fosse proprio la chiave per comprendere perché passato e futuro siano così palesemente diversi? Le leggi della fisica, simmetriche, non distinguono tra l'uno e l'altro: ma allora perché la freccia temporale non può invertire la propria direzione?





## Stephen Hawking e Roger Penrose, **La natura dello spazio e del tempo** - Sansoni, 1996

*Questo dibattito a due voci tra Stephen Hawking e Roger Penrose sulla natura dello spazio e del tempo necessita di conoscenze tecniche per essere affrontato; ma là dove la discussione si sposta su un livello più profondo e filosofico anche il lettore digiuno di fisica potrà apprezzare l'ampiezza dei temi affrontati e la divergenza di opinioni tra i due, che si pongono comuni domande ma danno diverse risposte.*

## Max Tegmark, **L'universo matematico**. La ricerca della natura ultima della realtà - Boliati Boringhieri, 2014

*Per l'autore Tegmark, cosmologo svedese naturalizzato americano, il mondo reale coincide con la matematica, non è solo descritto dalla matematica, ma è matematica. Con questa idea travolgente ci conduce attraverso il passato, il presente e il futuro, dall'infinitamente grande all'infinitamente piccolo. Attraverso la fisica, l'astronomia e la matematica ci introduce con una prosa lucida e originale alla sua teoria del "multiverso definitivo".*

Se ha ragione Tegmark, da qualche parte, in un altro universo, deve esistere per forza un doppione di noi, in tutto identico a noi.

Ci sarà allora anche una rassegna di "Scienza, ultima frontiera" nell'universo parallelo...



SCIENZA, ULTIMA FRONTIERA  
È GRATUITO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI  
2016 - 81 ANNO • EDIZIONE SPECIALE DEL 150° DI BRUGHERIO

# LO SPAZIO E IL TEMPO

Le bibliografie di  
"Scienza, ultima frontiera"  
sono a cura di  
Federica Reali,  
Alessandra Sangalli,  
Ermanno Vercesi.

Biblioteca Civica di Brugherio  
ottobre-dicembre 2016