



Comune
di Brugherio
assessorato
alla Cultura

SCIENZA, ULTIMA FRONTIERA

È GRADITO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI

2018 • 5[^] ANNO



BIBLIOTECA
CIVICA
BRUGHERIO

DONNE DI SCIENZA AI CONFINI DELL'IGNOTO

Le frontiere più avanzate della ricerca
nei racconti delle protagoniste



René Magritte, L'embellie (1962)

4

QUARTO INCONTRO: 23 NOVEMBRE

ASTROFISICA

NUOVE FINESTRE PER CAPIRE IL NOSTRO UNIVERSO

L'astrofisica non è mai stata così eccitante!

INFO-BIBLIOGRAFIA

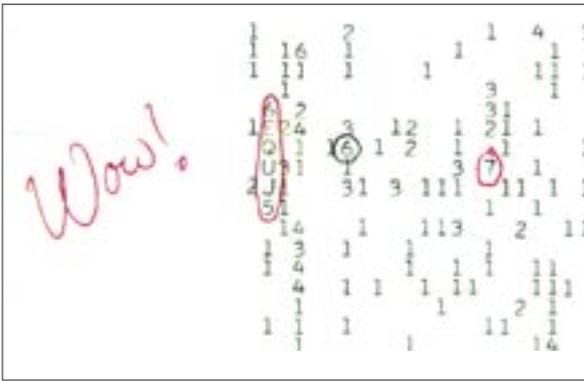


**Marica
Branchesi**



**Patrizia
Caraveo**



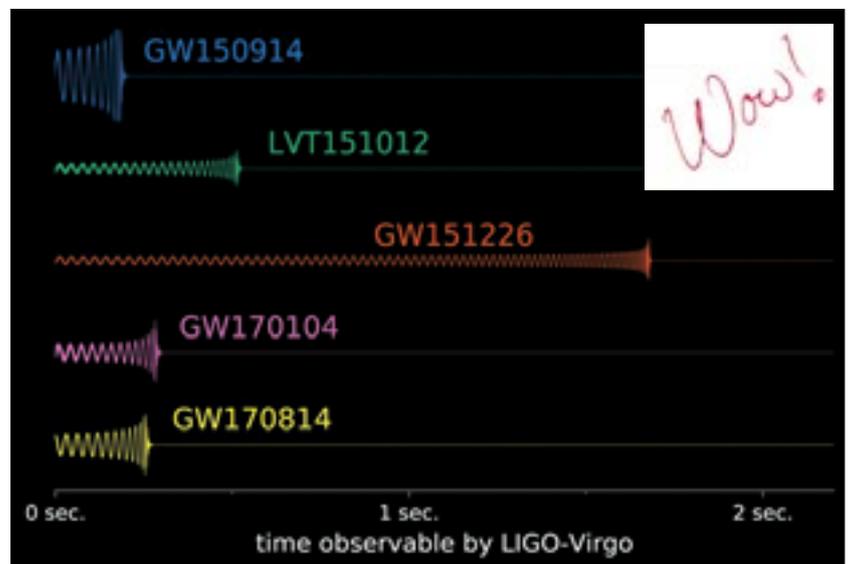


Ferragosto 1977, Università dell'Ohio: il radiotelescopio *Big ear*, impegnato nel progetto SETI, che cerca vita extraterrestre, registra un segnale radio anomalo. L'astronomo di turno, Jerry R. Ehman, lo segna in rosso e commenta a fianco: "Wow!". Poteva essere la prova di un'esistenza intelligente che inviava segnali artificiali, la scoperta che gli alieni esistono... Non fu così, purtroppo.

La storia dell'astronomia - e della scienza in generale - abbonda di falsi allarmi, di scoperte epocali che poi non si rivelano tali, di avvisaglie clamorose che si sciolgono in un nulla di fatto.

Ma in questi ultimi anni possiamo dire con certezza che di segnali "Wow!" ne abbiamo avuti diversi e non smentiti: siamo in un'epoca in cui stiamo entrando in una nuova comprensione dell'universo, ne percepiamo i diversi messaggi contemporaneamente. Comunità di ricerca, che viaggiavano separate, ciascuna nel proprio settore, ora uniscono le forze di osservazione e di analisi per aprire nuovi orizzonti di scoperta: è proprio il caso di sbilanciarsi a dire, con la frase usata da Patrizia Caraveo in un recente articolo: «L'astrofisica non è mai stata così eccitante!».

Arriviamo con questo *quarto incontro* alle frontiere più avanzate della conoscenza e della ricerca umana, proprio in una fase di grande fermento, grazie alla voce di due protagoniste assolute, che si trovano davvero ai limiti estremi, che confinano con l'ignoto. Dalle onde gravitazionali all'astronomia multimessaggero, potremo anche noi aggiornarci sui campi di ricerca e di scoperta che aprono nuove finestre, nuove vedute, nuove prospettive su questo universo che è la nostra casa e anche la materia di cui siamo fatti (letteralmente, polvere di stelle...).



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



MARICA BRANCHESI

Presidente della Commissione di astrofisica delle onde gravitazionali della *International Astronomical Union (Iau)* e membro del *Comitato internazionale per le onde gravitazionali*, Marica è entrata a far parte della *Collaborazione Virgo* nel 2009 ed è ricercatrice al *Gran Sasso Science Institute* e associata presso l'*Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn)* e l'*Istituto nazionale di astrofisica (Inaf)*, dove fa parte del team *Grawita*.



Ecco la **carta di identità scientifica** della nostra prima ospite. Per i non addetti ai lavori è bene, però, provare a spiegare che ruolo ha giocato questa ricercatrice nelle frontiere più avanzate dell'astrofisica. Ruolo che le è valso un **doppio riconoscimento di grandissimo prestigio**. Dapprima la nota rivista *Nature*, nello stilare la lista delle dieci persone più influenti al mondo nel 2017 ha scelto due scienziati, tra cui proprio Marica Branchesi, considerandola la persona chiave che ha messo in comunicazione gli astronomi e i fisici, convincendoli a lavorare insieme. Qualche mese dopo è stato il Time a stilare la graduatoria delle cento persone più influenti al mondo e di nuovo ecco il nome della nostra ospite. La decima italiana in quindici edizioni. Di nuovo viene riconosciuto il suo ruolo nel favorire l'unione tra l'astronomia osservativa e la fisica strumentale degli interferometri utilizzati per captare le onde gravitazionali, aprendo così la strada alla *multi-messenger astronomy*.

Sul sito, che sempre consigliamo di consultare, di media-INAF, troviamo queste sue parole: «Sono molto emozionata, è un riconoscimento davvero inaspettato! Dalle scoperte rivoluzionarie ottenute osservando le onde gravitazionali ai riconoscimenti internazionali degli ultimi mesi. Per me è un continuo susseguirsi di grandissime emozioni. Sono estremamente onorata dal fatto che, grazie a questa nomination del Time, per la prima volta assegnata a una scienziata italiana, il nostro Paese e la ricerca scientifica siano riconosciuti a livello internazionale».



Con un paragone arduo - non ce ne vogliono gli scienziati- potremmo dire che gli studiosi di temporali si sono sempre divisi in esperti di lampi, esperti di tuoni, esperti di spostamenti d'aria, esperti di piogge torrenziali. Senza parlarsi tra loro...



Dire «astronomia multi-

messaggero» significa che abbiamo iniziato a studiare l'universo unendo le forze e le specializzazioni. Se invece dei temporali, studiamo l'universo, ecco l'importanza di osservare contemporaneamente i 'cinguettii' delle onde gravitazionali e i bagliori generati da catastrofi stellari: sono i messaggeri che insieme hanno aperto una nuova stagione per l'astronomia.

Una donna-ponte, potremmo dire, ma ascoltiamo ancora le sue parole: «Sono un'astronoma che lavora molto bene con i fisici delle onde gravitazionali. La mia mentalità è quella dell'astronoma che ama l'emozione di aprire le immagini appena prese e capire cosa ci rivelano. Ma ora questo avviene anche con i dati delle onde gravitazionali... alla fine non c'è più una grande differenza tra i fisici delle onde gravitazionali e gli astronomi».

Ormai il suo soprannome è *Merger Maker*, che significa creatrice di fusioni, nel doppio senso di fusioni che generano le onde gravitazionali che abbiamo imparato a rilevare e di fusioni di mondi scientifici diversi che iniziano a collaborare.



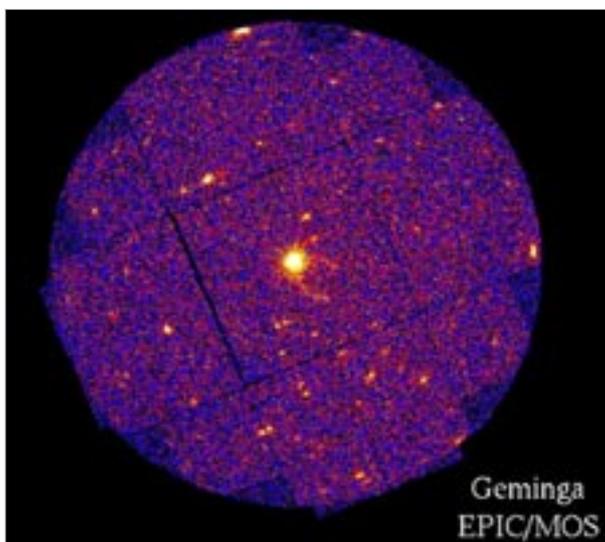
In un'altra intervista [dal sito de *Il Corriere della sera*] ricaviamo queste bellissime parole, indicative dell'approccio di Marica Branchesi alla scienza e alla vita.

«La diversità è una risorsa, una vera opportunità. La scoperta, il nuovo, viene da lì, anche se oggi molti ne hanno paura. Mettere insieme menti, culture, sessi ed etnie diverse permette di costruire, e immaginare, come voleva Einstein, nuovi mondi. Inizialmente può creare anche uno stacco, una frattura, poi ti arricchisce. Sono convinta che bisogna superare lo stereotipo del genio isolato, oggi è necessario lavorare in team, collaborare. I miei mantra sono determinazione, diplomazia, onestà, e tanta pazienza. E imparare a superare i fallimenti. Un tempo mi abbattevo, ma ora li so vivere come sfide da superare, solo sbagliando si può imparare e migliorare. Forse gli uomini sono stati educati a essere più bravi in questo. E lo vedo anche con i miei studenti, le ragazze hanno sempre paura di sbagliare, hanno meno sicurezza. E invece no, il mondo della scienza deve essere loro territorio, specialmente oggi che la scoperta non è più solitaria, ma collettiva».



PATRIZIA CARAVEO

Nella foto qui a fianco Patrizia Caraveo riceve un'onorificenza dal Presidente della Repubblica, Giorgio Napolitano. Siamo nel 2009 e la nostra astrofisica ha coronato anni di studio e di ricerca nel campo delle alte energie, in particolare le stelle di neutroni. Con Nanni Bignami, compagno di ricerche e di vita, ha identificato la prima pulsar senza emissioni radio, così difficile da scovare al punto da far dubitare che davvero esistesse. E il nome scelto dagli scopritori è un capolavoro di scienza ed ironia: una sorgente gamma nella costellazione dei gemelli (Gemini) diventa... **Geminga!** Pronunciatelo con "g" dura e pensate in dialetto...



Caraveo è direttore dell'*Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica* di Milano, insegna "Introduzione all'Astronomia" all'Università di Pavia. Ha collaborato a diverse missioni spaziali internazionali dedicate all'astrofisica delle alte energie. Attualmente è coinvolta nella missione europea *Integral*, nella missione della NASA *Swift*, nella missione italiana *Agile* e nella missione NASA *Fermi*, tutte in orbita e pienamente operative. Rappresenta INAF nella collaborazione internazionale per la progettazione, costruzione e gestione del *Cherenkov Telescope Array* (CTA). Ha ricevuto diversi altri premi e riconoscimenti, tra cui in particolare uno, in linea col filo rosso della nostra rassegna: lo ha conferito *Women in Aerospace Europe*, associazione con lo scopo di accrescere nel settore aerospaziale le opportunità per le donne.

La nostra ospite è molto attiva nell'**opera instancabile di divulgazione scientifica**, potete leggere i suoi interventi su diverse testate e ritrovarli anche in rete (per esempio: www.media.inaf.it; www.scienzainrete.it).

MEDIA INAF
NOTIZIARIO ON-LINE DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI ASTRONOMIA

Universo | INAF | Siti | Astronavi | Progetti da Terra | Progetti spaziali | Agenda | Link

HOME | ASTRONOMIA | SPAZIO | FISICA | TECH | EVENTI | ARCHIVIO

Articoli di Patrizia Caraveo

Patrizia Caraveo

1. Cronaca di una rivelazione [13/11/2018]
2. Quando la tesi è stellare [08/10/2018]
3. Viaggio alle origini del vento solare [10/09/2018]
4. Così abbiamo scoperto l'acqua su Marte [13/08/2018]
5. Un po' di luce sul mistero dei raggi cosmici [23/07/2018]
6. Emissione contemporanea di fotoni e neutrini [12/07/2018]
7. Donne e spazio, una strada in salita [09/07/2018]
8. Queglia, un ponte di gazze verso il lato nascosto [11/06/2018]
9. Il più grande catalogo stellare [07/05/2018]
10. Gas senza visti dallo spazio, dal 1990 a oggi [23/04/2018]
11. Cade il palazzo celeste, ma occhio ai mobili [26/03/2018]
12. Un universo di ghiaccio [19/03/2018]
13. I capricci di Tabby [26/02/2018]
14. Tutti i segreti di Marte [12/02/2018]
15. Così rallenta una cometa: 45P nell'occhio di Swift [11/01/2018]

In un suo articolo, bello e divertente, sugli UFO, scrive proprio dell'importanza di fare buona e affidabile informazione, con queste parole: «*Carl Sagan che sapeva essere un grande planetologo, un grande divulgatore e un grande scrittore di fantascienza, diceva: "Per molte persone le mediocri dottrine delle pseudoscienze sono la più vicina approssimazione oggi esistente a una scienza comprensibile. La popolarità di queste pseudoscienze equivale a una nota di biasimo alle scuole, alla stampa e alle emittenti televisive, perché i loro sforzi nel campo dell'istruzione scientifica sono occasionali, privi di efficacia; e a noi scienziati, perché facciamo così poco per divulgare le nostre discipline". Come dargli torto?*» (8 aprile 2017, www.scienzainrete.it).



volere di più?».

Nel libro che ha raccolto le storie normali / eccezionali di cento donne, raccontate da giornalisti di *Donna Moderna*, troviamo, oltre alla nostra Elena Cattaneo, anche Patrizia Caraveo, con questa significativa dichiarazione: «*Io so di essere stata straordinariamente fortunata perché faccio il lavoro più bello del mondo che mi ha dato grandissime soddisfazioni. Ho cominciato la mia carriera cavalcando un esperimento di grande successo e, da allora, non mi sono mai fermata. Ho ricevuto premi e riconoscimenti e sono stata persino nominata "man of the year". Cosa posso*



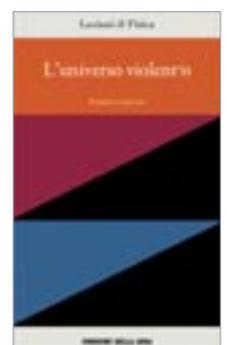
Nel 2017 ha pubblicato, per Castelvecchi, il libro *Uomini e donne: stessi diritti?*, un pamphlet necessario per comprendere che il pregiudizio di genere è ancora presente nella scienza, e non solo.



Ha curato la redazione finale dell'ultimo libro del marito, Nanni Bignami, *Le Rivoluzioni dell'Universo*. Il commosso ricordo è affidato a queste parole: «*Nanni si svegliava presto al mattino e cominciava a scrivere. Quando la colazione era pronta, arrivava imbracciando il portatile pronto a "dare lettura" di quanto aveva prodotto. Alcuni argomenti uscivano da soli, altri facevano più fatica e allora venivo chiamata in causa come collega "come spiegheresti questo?" "Hai in mente qualche episodio simpatico da associare a questo o quello?". Sapeva di poter contare, quasi sempre, su una risposta pertinente*». La scomparsa improvvisa di Nanni ha lasciato alla compagna il compito di terminare questo bellissimo libro, davvero un'eredità intellettuale e umana.

Con Patrizia Caraveo e con Marco Cattaneo, direttore di *Le Scienze*, abbiamo fatto una bella serata commemorativa di Nanni, nella nostra biblioteca: il video è disponibile sul canale Youtube della biblioteca.

Infine, sta per uscire un nuovo libro: sarà la tredicesima uscita di *Lezioni di fisica*, iniziativa editoriale de *Il Corriere della sera*. Il volume curato dalla Caraveo si intitola *L'universo violento*. Da non perdere.





SCOPERTE ECCEZIONALI

Nel volgere degli ultimi sei anni stiamo assistendo a un entusiasmante avvicinarsi di nuove scoperte nel campo della fisica. Si sa, i giornali amano i titoli sensazionali, per cui sovente si abusa di espressioni quali scoperta del secolo, scoperta epocale che cambierà la storia della fisica eccetera. Ma in questo caso sembra proprio che non stiamo esagerando nel considerare questo periodo come decisivo per il futuro della fisica in generale e dell'astrofisica in particolare.

4 LUGLIO 2012, CERN DI GINEVRA IL BOSONE DI HIGGS

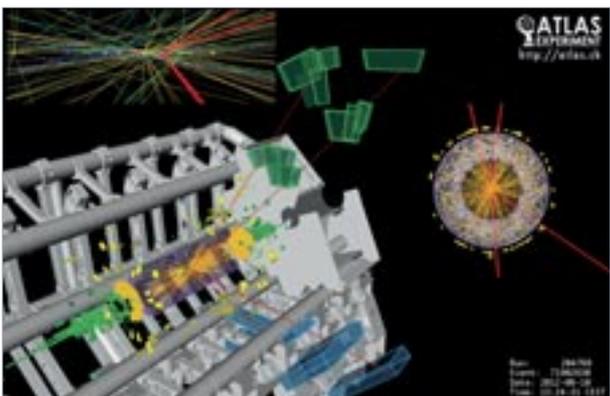


Nei nostri strumenti abbiamo osservato tracce chiare di una nuova particella a circa 125 Gev di massa, con questa frase, un po' troppo tecnica per passare alla storia, la fisica italiana Fabiola Gianotti, in compagnia di Joseph Incandela, annuncia l'evidenza scientifica che esiste davvero il bosone predetto negli anni Sessanta dal modello di Peter Higgs e di François Englert e Robert Brout.

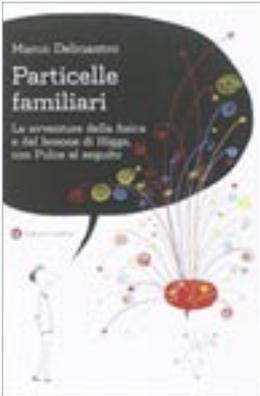
Quella sala gremita di scienziati, l'emozione e le lacrime di Higgs sono immagini che segnano l'immaginario della storia della scienza.



La particella era stata prevista per spiegare perché altre particelle sono dotate di massa. Ma trovare questa particella non era la fine della storia, anzi, era solo un inizio. Il modello standard della fisica delle particelle, la principale teoria sulla materia subatomica, riceveva una conferma decisiva ma allo stesso tempo apriva una nuova fase di ricerche e di scoperte, che ha (e presumibilmente avrà sempre più) il suo centro a Ginevra, nell'acceleratore di particelle più potente al mondo, dove i fisici di tutto il mondo lavorano in squadra. Non è più il tempo della prevalenza del genio solitario, come a noi profani piace immaginare (Einstein, Newton, ...), ma della comunità di scienziati.



Qualche titolo per chi volesse capirci di più.



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

L'autore è un ricercatore del CERN, molto attivo sul fronte della divulgazione scientifica, fantasioso nello scovare mezzi creativi per semplificare, senza banalizzare, la fisica delle particelle subatomiche. Questo libro è un tentativo di spiegare quello che la fisica chiama modello standard in una chiacchierata, con tanto di domande implacabili della figlia, richieste di semplificazione della moglie e dubbi degli amici.-

Delmastro è anche curatore di un bel blog di divulgazione scientifica: "Borborigmi di un fisico renitente - Scienza e opinioni di frontiera", che consigliamo come fonte di informazioni accurate ma sempre divertenti. Per esempio, si possono leggere i post scritti attorno alla fatidica data del 4 luglio 2012, così da rivivere le emozioni di quella giornata, comprendere anche da profani il significato e l'importanza di questa scoperta, poi seguire nei post successivi gli sviluppi della ricerca: l'ultimo articolo, del 12 novembre 2018, si intitola proprio "Quello che sappiamo del bosone di Higgs".



Luciano Maiani, A caccia del bosone di Higgs. Magneti, governi, scienziati e particelle nell'impresa scientifica del secolo - Mondadori Università, 2013

Maiani è stato direttore generale del CERN di Ginevra e dunque è tra i più informati sulla storia che ha portato all'individuazione di questa particella così importante per confermare che la materia sembra proprio essere fatta come i fisici hanno ipotizzato negli ultimi decenni. Protagonista assoluto di questa avventura non è tanto un fisico in particolare, quanto proprio il CERN, l'acceleratore di particelle, quei ventisette chilometri a cento metri sotto il livello del suolo che sono e saranno il laboratorio principale di scoperta.



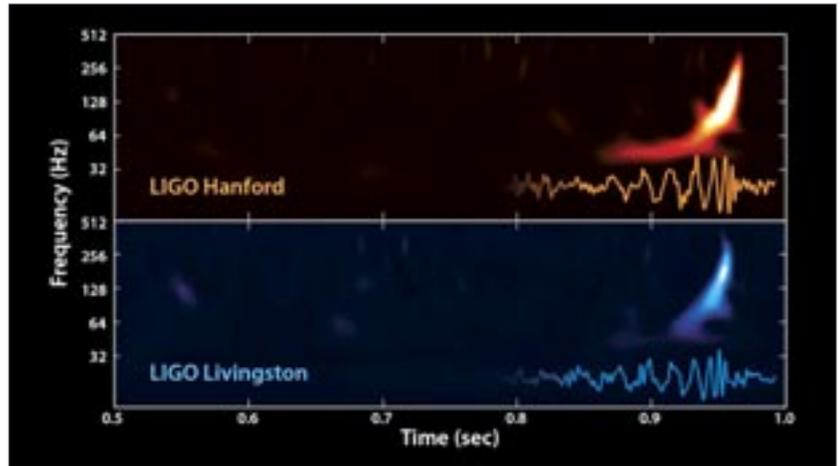
Luciano Maiani è stato ospite della nostra rassegna nel 2016: sul canale Youtube della Biblioteca di Brugherio è possibile rivedere l'incontro e sul sito del Comune di Brugherio (sezione biblioteca, alla voce "Bibliografie, discografie, filmografie e scelte di siti web") si può consultare la bibliografia preparata per l'incontro.



**14 SETTEMBRE 2015,
HANFORD SITE (WASHINGTON)
LIVINGSTON (LOUISIANA)**

LE ONDE GRAVITAZIONALI

A volte succede che costruisci uno strumento, con dovizia, lo metti in funzione e aspetti che capti il segnale che la scienza aspetta da tempo a conferma delle teorie elaborate e... non succede nulla per mesi, anni, decenni! Ma a volte succede anche che strumenti appena approntati facciano bingo nella fase tecnicamente ancora di collaudo. Il 14 settembre 2015 gli interferometri di due stazioni registrano per la prima volta il segnale di un'onda gravitazionale, perturbazione del tessuto dello spazio-tempo causato dalla fusione di due buchi neri.

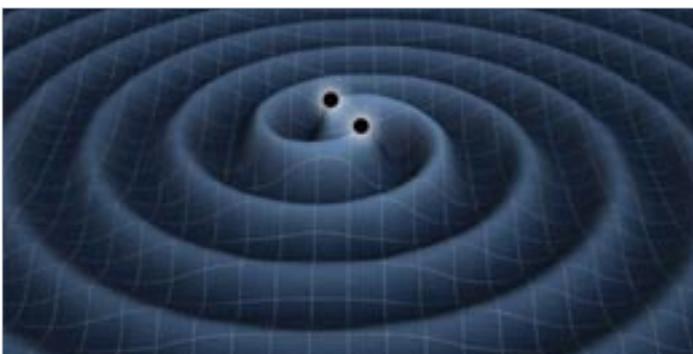


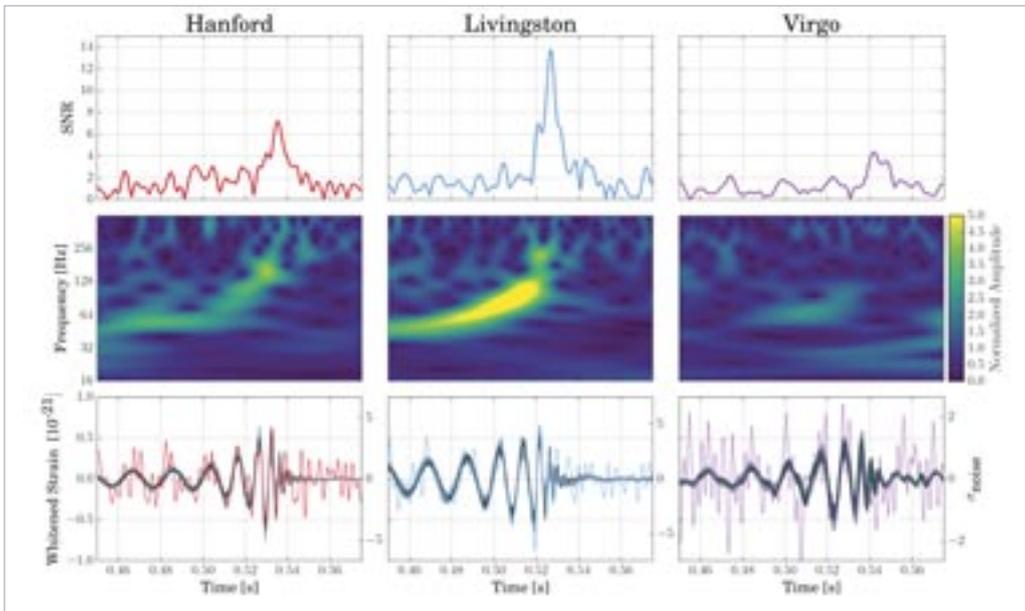
Come per il bosone, **la teoria aveva preceduto di molto l'osservazione diretta**: le onde gravitazionali erano previste nella relatività di Einstein. O meglio: nascevano all'inizio del Novecento non dalla mente isolata di un genio solitario, ma in un contesto di dibattito, confronto e ricerca che coinvolgeva i fisici di tutto il mondo.

Fu a partire dalla seconda metà degli anni Cinquanta che si consolidò una comunità di scienziati interessati alla relatività generale, che iniziò a riunirsi nelle varie conferenze. In quell'ambito gli scienziati erano concordi sul fatto che le onde gravitazionali trasportino energia e siano in linea di principio osservabili.

L'argomento delle onde gravitazionali conferma ancora una volta la natura collettiva dei processi della scienza, come ha ben spiegato Roberto Lalli, ricercatore in Storia delle scienze fisiche moderne: *«È una convinzione diffusa che le teorie non abbiano una loro storia, che ci siano grandi cambiamenti concettuali dovuti a pochi geni isolati e che il resto del lavoro teorico consista di sviluppi minori. Questa visione è distorta e non aiuta a comprendere il vero sviluppo compiuto in ambito teorico. La teoria formulata da Einstein nel 1915 è ancora la teoria accettata della gravitazione, ma quello che significava la teoria per Einstein e larga parte degli scienziati che vi lavorarono fino agli anni Cinquanta era qualcosa di profondamente diverso da*

quello che la teoria significava per i fisici che ci lavorarono negli anni '60. La storia delle onde gravitazionali ci sembra un ottimo esempio di rivoluzione scientifica che si manifesta come lenta trasformazione concettuale da interpretarsi come processo collettivo».





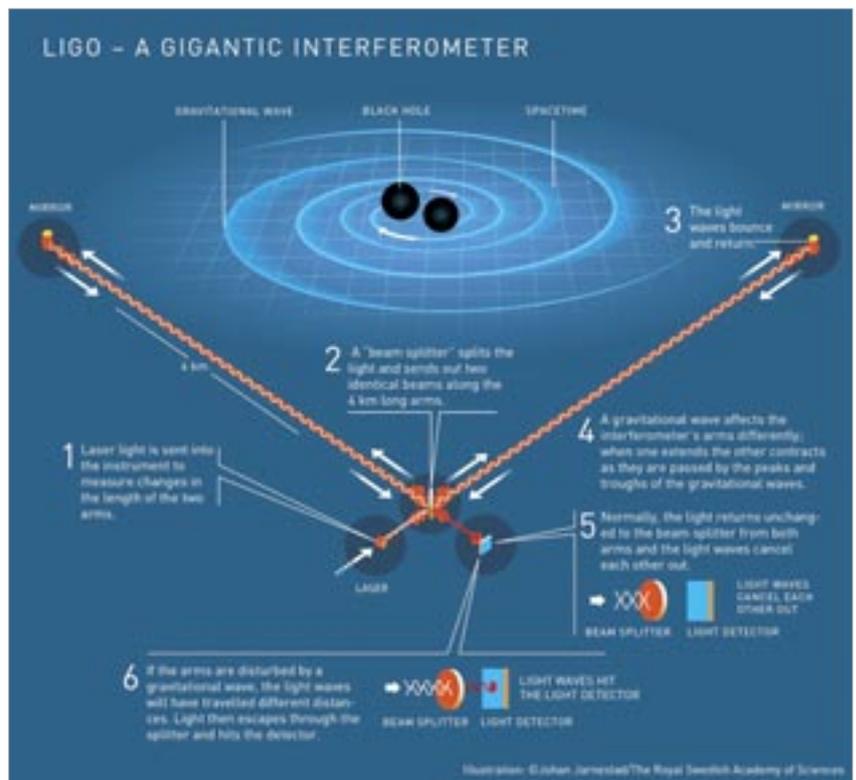
La storia della caccia alla rilevazione delle onde è un altro appassionante capitolo, che coniuga scienza e tecnologia. Sì, perché il segnale che si andava cercando è davvero debole, una sottile increspatura da captare e isolare da tutte le altre fonti.

Benché negli ultimi decenni gli scienziati avessero raccolto prove indirette sull'esistenza di queste increspature, prevaleva la convinzione che non saremmo mai stati in grado, per deficit tecnologico, di registrarle con nostri strumenti. Segnale troppo piccolo: immaginiamo una variazione di 5 mm in una sbarra lunga mille miliardi di miliardi di metri! E il bello è che non possiamo neppure utilizzare un righello per misurarla, perché anche il righello si allungherebbe e accorcerebbe al passaggio dell'onda gravitazionale. Eppure il miracolo è avvenuto, grazie agli **interferometri**. Sono strumenti in cui potenti fasci laser vengono spediti avanti e indietro per decine di volte contro degli specchi in dei tunnel sotto vuoto spinto lunghi alcuni km, e vengono registrate le differenze nei tempi di percorrenza, e quindi nella lunghezza del tratto di strada percorso dalla luce. L'analisi dei dati è particolarmente delicata e complessa perché bisogna eliminare tutte le possibili fonti di contaminazione e riconoscere la forma attesa di un'onda gravitazionale contro il rumore di fondo. Un po' come cercare di ascoltare una conversazione tenuta a voce molto bassa in mezzo a uno stadio pieno di tifosi festanti per un goal della propria squadra!

Gli interferometri USA che hanno intercettato il primo segnale nel 2015 appartengono al *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)*: due impianti gemelli ma separati, gestiti come un singolo e grande osservatorio, a cui può accedere la

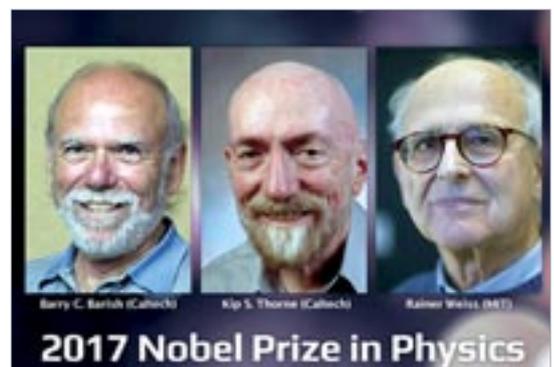


comunità scientifica mondiale. Essenziale la presenza di più rilevatori, perché in uno dei siti potrebbero verificarsi micro terremoti, potrebbe esserci eccessivo rumore acustico, o fluttuazioni del laser e ciò porterebbe a disturbi che, simulando l'onda gravitazionale, renderebbero il risultato fallace. Ogni interferometro è lungo 4 chilometri e presenta una forma a "L" (i due bracci sono disposti ad angolo retto). I laser viaggiano avanti e indietro all'interno di tubi a vuoto spinto (diametro 1,2 metri)



che permettono di misurare con una precisione elevatissima la distanza degli eventi tra i due specchi di super precisione su cui si riflettono questi raggi. La tecnica utilizzata è quella dell'interferometria: lo specchio semitrasparente suddivide il fascio laser in due parti, poi inviate nei due bracci a "L" dell'interferometro fino a incontrare altri due specchi che rimbalzano il laser. E proprio questi specchi sono i veri sensori: passando attraverso i rilevatori, le onde gravitazionali disturbano, anche se di pochissimo, il viaggio dei fasci laser e questo lieve disturbo è stato finalmente registrato. All'interno dei due tunnel, interamente schermati con il cemento, c'è un vuoto ultra-spinto.

L'avventura di LIGO e della registrazione del primo segnale ha portato, nel 2017, al conferimento del **premio Nobel per la fisica** a Rainer Weiss, Barry C. Barish e Kip S. Thorne.



Ai due americani ora si è associato anche un interferometro italiano, si chiama **VIRGO** ed è frutto della collaborazione di oltre 280 fisici e ingegneri appartenenti a 20 diversi

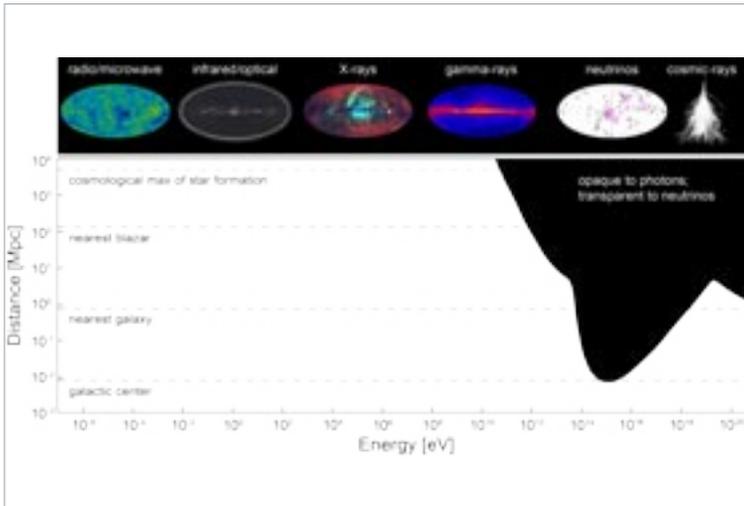


gruppi di ricerca europei. Si trova a Cascina (Pisa) ed è costruito con i classici bracci "a L" lunghi 3 km. Durante la finestra d'osservazione dal 1 al 25 agosto 2017, Virgo ha osservato per la prima volta un'onda gravitazionale proveniente dalla fusione di due buchi neri aventi 31 e 25 masse solari.

Questo evento è stato il primo osservato contemporaneamente dai tre rilevatori Virgo, LIGO Hanford e LIGO Livingston. Successivamente, lo strumento è stato migliorato con un forte investimento, in modo da aumentare la sua sensibilità. Si tratta di sistemi ottici nuovi, detti *squeezer*, o sorgenti di luce “spremuta”.

17 AGOSTO 2017, 70 OSSERVATORI DI TUTTO IL MONDO

NASCE L'ASTRONOMIA MULTI-MESSAGGERO



I tre interferometri della collaborazione LIGO/Virgo registrano il segnale di un'onda gravitazionale dovuto alla fusione di due stelle di neutroni. Qualche secondo dopo, due telescopi spaziali per raggi gamma hanno osservato un lampo gamma. Dopo meno di undici ore è stata la volta dei telescopi ottici, puntati nella zona di cielo individuata (in un'area di circa 28 gradi quadrati) grazie ai rilevamenti precedenti. Il

primo è stato il telescopio infrarosso Swope, in Cile, poi anche i telescopi che operano nella frequenza del visibile hanno individuato il fenomeno. Nei giorni successivi la sorgente è stata osservata nei raggi X e nelle onde radio. In totale, oltre 70 osservatori operanti nello spettro elettromagnetico hanno osservato l'evento. Mancano all'appello solo i neutrini, ma purtroppo la Terra si trovava fuori asse, per così dire. In ogni caso la contemporanea osservazione di onda gravitazionale e controparte elettromagnetica alle diverse frequenze rappresenta la nascita dell'astronomia multi-messaggio. Ora l'universo potrà svelarci molti altri suoi segreti!

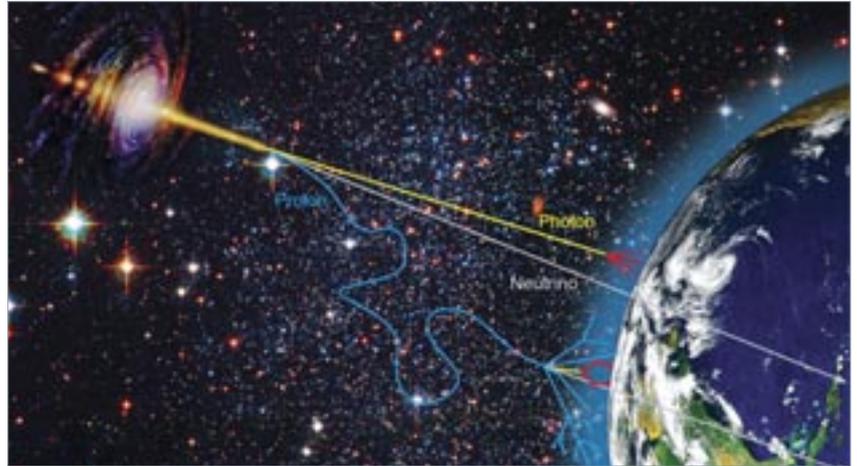
Poco più di un mese dopo, per la precisione il **22 settembre 2017**, il rivelatore di neutrini *IceCube* osservava un interessante **neutrino**, con energia molto elevata, che indicava, con ogni probabilità, che era stato originato da un lontano oggetto celeste molto attivo. Poiché, in base alle teorie, la produzione di neutrini cosmici è sempre accompagnata da **raggi gamma**, quando IceCube lo ha “visto” ha subito lanciato un’ “allerta neutrino” a tutti i telescopi,



disseminati nello spazio e sulla Terra, nella speranza che le loro osservazioni potessero aiutare a individuarne con precisione la sorgente. E così è stato. Spiega Roberto Battiston, presidente uscente dell'Agencia Spaziale Italiana: «Un altro grande risultato dell'astronomia multimessaggero, oltre ai fotoni e alle onde gravitazionali, sorgenti estremamente energetiche nell'universo comunicano con noi attraverso neutrini di altissima energia. Grazie a questa nuova astronomia l'universo ogni giorno diventa più piccolo e meno sconosciuto».

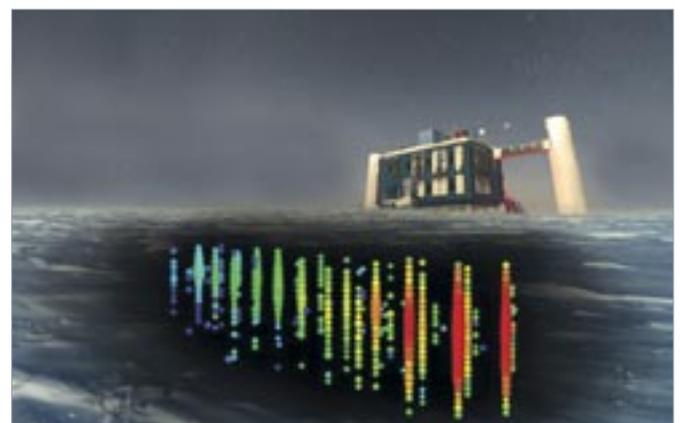
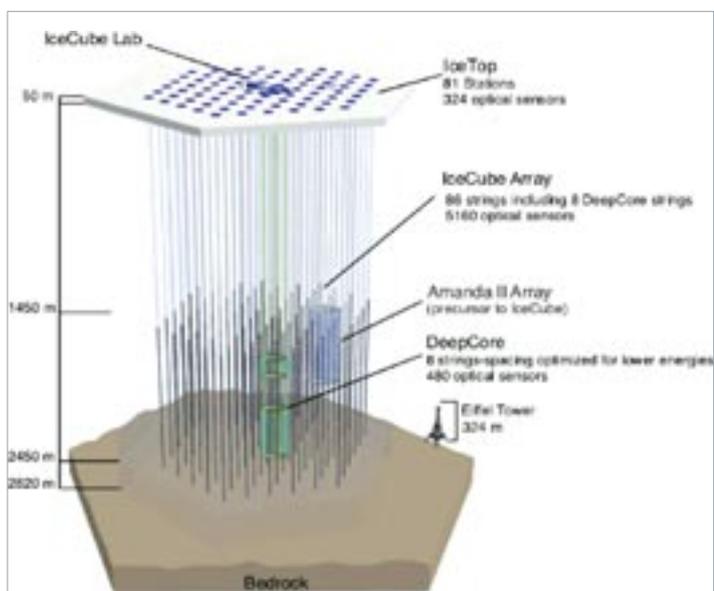
Circa un anno dopo, il **18 luglio 2018**, altro evento multi-messaggero, che prosegue quella che ormai viene chiamata "l'era dell'astronomia dei neutrini": per la prima volta si è visto un oggetto celeste emettere **sia fotoni sia neutrini**.

Spiega Patrizia Caraveo: "I fotoni permettono di identificare la sorgente dei neutrini mentre i neutrini svelano i meccanismi fisici alla base dell'emissione dei fotoni e ci indicano la strada per risolvere un altro mistero cosmico".



Ma **come si scovano i neutrini**, particelle praticamente prive di massa e di carica elettrica, che viaggiano per l'universo senza interferire con niente? Pensate che il loro flusso è veramente incredibile, dell'ordine di 100 miliardi al secondo per centimetro quadrato, ma nessuno se ne accorge. Servirebbe una massa di un miliardo di tonnellate! Ebbene, ecco l'idea: *IceCube*, il più grande rivelatore di neutrini in funzione, è un chilometro cubo di ghiaccio, dove, ad una profondità da 1500 a 2500 metri, sono state disposte 86 stringhe di 60 rivelatori ognuna, a intervalli regolari di 125 metri l'una dall'altra. I neutrini non vengono rivelati direttamente ma attraverso i prodotti della loro interazione con i nuclei di idrogeno e ossigeno del ghiaccio.

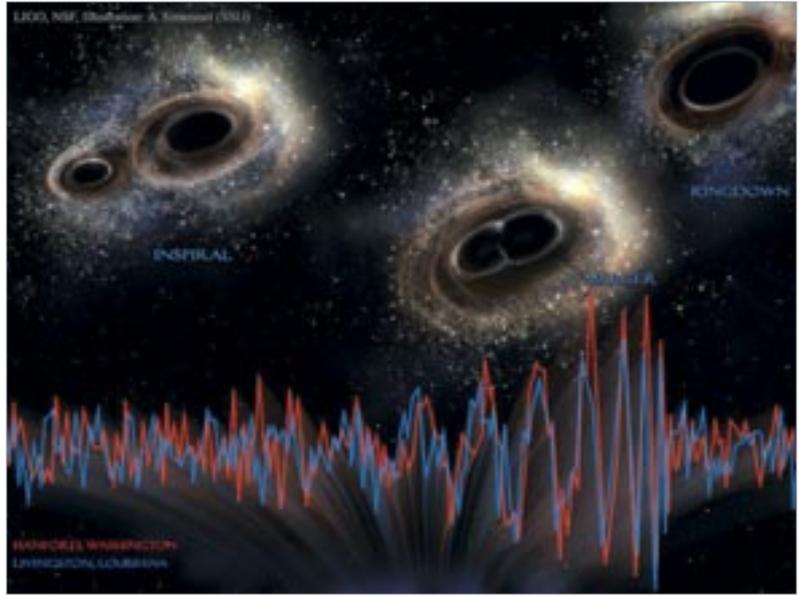
Ma **come si scovano i neutrini**, particelle praticamente prive di massa e di carica elettrica, che viaggiano per l'universo senza interferire con niente? Pensate che il loro flusso è veramente incredibile, dell'ordine di 100 miliardi al secondo per centimetro quadrato, ma nessuno se ne accorge. Servirebbe una massa di un miliardo di tonnellate! Ebbene, ecco l'idea: *IceCube*, il più grande rivelatore di neutrini in funzione, è un chilometro cubo di ghiaccio, dove, ad una profondità da 1500 a 2500 metri, sono state disposte 86 stringhe di 60 rivelatori ognuna, a intervalli regolari di 125 metri l'una dall'altra. I neutrini non vengono rivelati direttamente ma attraverso i prodotti della loro interazione con i nuclei di idrogeno e ossigeno del ghiaccio.



Qualche titolo per approfondire.

Harry Collins, Un bacio tra le stelle. Come sono state individuate le onde gravitazionali - Cortina, 2018

Lo sguardo del sociologo sulle tappe che hanno portato alla rilevazione delle onde gravitazionali, una ricostruzione cronologica basata sugli scambi di mail dei diretti interessati, i moltissimi scienziati coinvolti in un progetto durato decenni, coronato dal successo nel settembre 2015. Un libro adatto al grande pubblico (non si avventura in spiegazioni fisiche o tecnologiche complesse), ma utile anche agli addetti ai lavori. Un ritratto su una scoperta che è in realtà anche un affresco su come lavora e procede la scienza oggi.



Govert Schilling, Onde nello spaziotempo. Einstein, le onde gravitazionali e il futuro dell'astronomia - Codice, 2018

Altro testo che punta alla ricostruzione del lungo percorso che ha portato la scienza a constatare l'esistenza delle onde gravitazionali previste da Einstein. Un omaggio alle moltissime persone che ci hanno lavorato, unendo passioni e competenze. Lo scrive un narratore di scienza, olandese, non addetto ai lavori ma appassionato di astronomia.



Adalberto Giazotto, La musica nascosta dell'universo. La mia vita a caccia delle onde gravitazionali - Einaudi, 2018

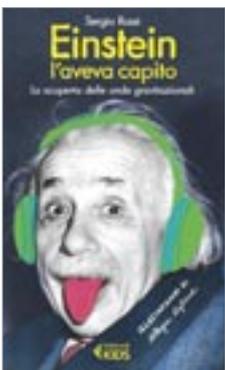
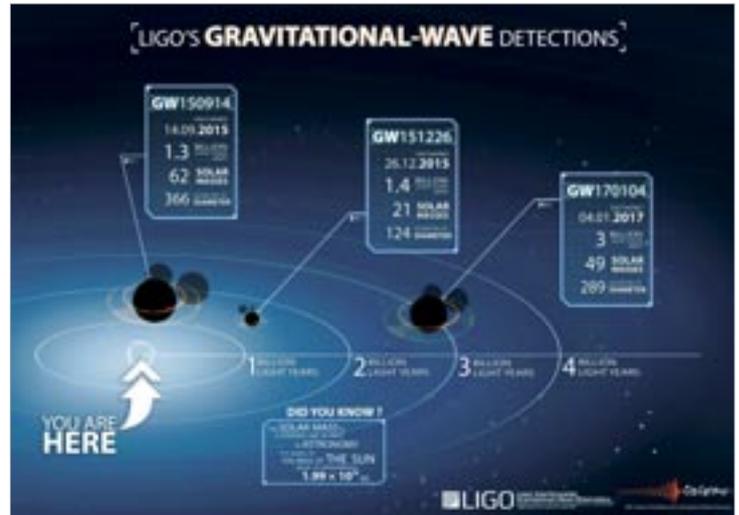
L'autore, scomparso nel 2017, è stato uno dei pionieri della rilevazione delle onde gravitazionali lavorando al progetto VIRGO, di cui è considerato il padre: sua l'idea di sviluppare la sensibilità dei rilevatori interferometrici verso le basse frequenze. In questo libro, ultimato poco prima della sua morte, Giazotto racconta la storia affascinante della sua vita e della sua ricerca, che in molti all'inizio consideravano una vera follia, un'impresa impossibile. Ma lui rispondeva: «Virgo è un'impresa unica e doveva compiersi fino in fondo, perché quello era il suo destino. Non poteva essere altrimenti: Virgo era ed è l'esperimento più bello del mondo».

Federico Ferrini, Le onde gravitazionali. Una nuova porta sul cosmo - Il Mulino, 2018

L'autore, che lavora all'osservatorio dove ha sede Virgo, spiega con chiarezza e semplicità cosa sono queste "increspature dello spaziotempo" previste dalla teoria e ora rilevate dai nostri interferometri. E' un libro della collana "Farsi un'idea". Gli ultimi due capitoli sono dedicati ai futuri scenari che questa scoperta consentirà: faremo finalmente chiarezza sul Big Bang?

Janna Levin, Il blues dei buchi neri. Storia della scoperta delle onde gravitazionali - Mondadori, 2016

LIGO, i due interferometri in grado di cogliere un obiettivo inseguito da decenni, capolavori di tecnologia. Un premio Nobel per la fisica che corona gli sforzi degli scienziati. Questo libro, adatto sia per gli addetti ai lavori sia per chi non sa nulla di LIGO, racconta questa scoperta mettendo in luce soprattutto l'elemento umano: le passioni, le sensazioni e la capacità delle persone coinvolte di convertire le proprie competenze in qualcosa di grandioso e utile all'umanità.

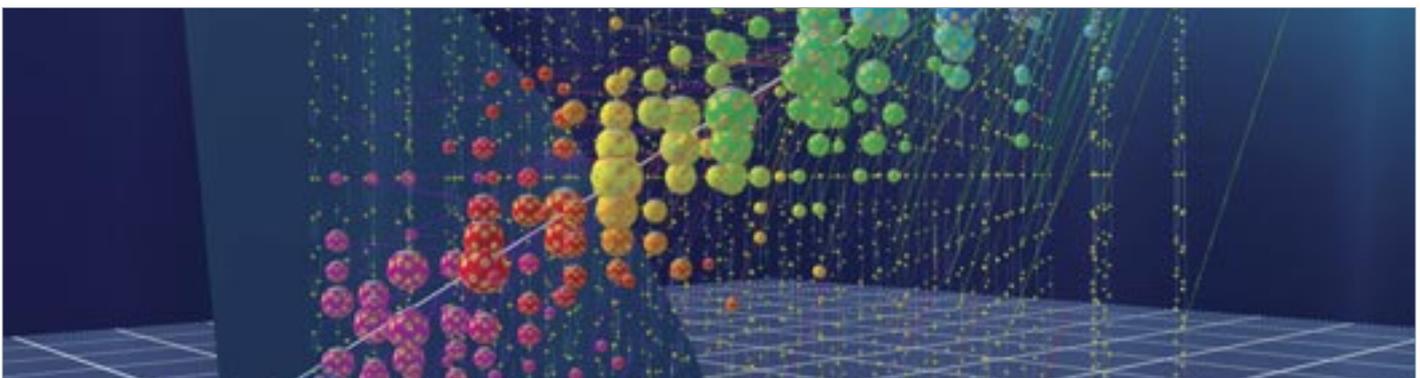


Sergio Rossi, illustrazioni di Allegra Agliardi, Einstein l'aveva capito. La scoperta delle onde gravitazionali - Feltrinelli, 2017

Ecco un titolo adatto ai ragazzi, scritto da un fisico e illustrato da una brava disegnatrice. Narra la scoperta con un linguaggio semplice e coinvolgente. Attenzione alle controindicazioni: potrebbe far venir voglia di diventare un fisico!

Lucia Votano, Il fantasma dell'universo. Cos'è il neutrino - Carocci, 2015

L'autrice ha diretto a lungo i Laboratori Nazionali del Gran Sasso e questa esperienza le ha fornito la chiave con cui costruire un libro divulgativo su una delle particelle più misteriose ed elusive dell'universo: presentare laboratori e scienziati che in tutto il mondo, spesso in condizioni estreme (ghiacci artici, profondità marine...), cercano di rilevare e studiare i neutrini. In una recente intervista la scienziata ha fatto questa interessante dichiarazione: «La gente pensa normalmente che la scienza sia una disciplina dalle risposte definitive; invece è la casa del dubbio, non delle certezze. Non perché quelle che chiamiamo scoperte scientifiche, una volta che siano state accertate, provate sperimentalmente, possano essere sbagliate, ma il loro ambito di applicazione si restringe, appena mettiamo il naso un po' più in là, scopriamo che le cose che non si capiscono sono tante. La ricerca scientifica non ha mai fine per definizione, più avanziamo nella conoscenza, più ci accorgiamo di non sapere. I fisici continuano a cercare di capire sempre più nel profondo di che cosa si compone il mondo, l'universo: la mia mano, il sole, le stelle, sono fatti tutti allo stesso modo».



Infine, **due titoli per chi voglia cominciare**. Anche da zero. E scoprire una passione...



Neil deGrasse Tyson, *Astrofisica per chi va di fretta* - Cortina, 2018

Una delle migliori sintesi oggi in circolazione per avere un'infarinatura generale (ma rigorosa dal punto di vista scientifico), scritta da un astrofisico del Museo americano di storia naturale di New York, grande e appassionato divulgatore scientifico. Lo hanno recensito con queste simpatiche parole: «Anche se scontato, preciso che alla fine i lettori non saranno premiati con una laurea honoris causa in Astrofisica. Però avranno acquisito informazioni corrette e verificate sufficienti per farsi un'idea di che cosa siano il Big Bang e le onde gravitazionali, di quanto distino da noi le galassie "vicine", del ruolo che ha la materia oscura anche se non sappiamo ancora cosa diavolo sia, e del perché la chiamiamo così. Il premio quindi è altissimo:

è la capacità di comprendere il significato e le implicazioni di una notizia, di un post social o di un'intervista che passa in TV, senza fare la figura dei fessi. E più ancora, di comprendere l'architettura del mondo in cui siamo immersi, e che va molto al di là del nostro piccolo orticello che chiamiamo Terra». [www.tomshwv.it]

Thuan Trinh Xuan, *Una notte*. Attraversare la notte con la poesia e la scienza di un grande astrofisico - Ponte alle Grazie, 2018

Il fascino dell'universo ci coglie quando ci soffermiamo a osservare il cielo in una notte limpida e molto buia. Immaginate di fare questa esperienza in compagnia di un esperto che con voi esplora il cosmo e lo interroga. Analizza le galassie, risale miliardi di anni per trovare l'origine dell'universo, sonda l'enigma della materia nera. Condivide con voi non solo la storia delle scoperte scientifiche ma anche il fascino con cui la letteratura (in particolare la poesia) e l'arte hanno osservato il cielo profondo. La lingua è personale, il racconto coinvolgente: guardare e capire ma anche meravigliarsi, raccontare la bellezza del mondo e la sua fragilità.

