

IN RICORDO DI

Adalberto Giazotto (1940-2017)



Vorrei rendere omaggio all'amico e collega Adalberto Giazotto ricordando un episodio che ne sintetizza le sue straordinarie capacità scientifiche e umane. Accadde a Erice nel periodo in cui l'esperimento nel quale era impegnato aveva rivelato il primo esempio di onde gravitazionali.

Che dovessero esistere queste onde lo aveva previsto Albert Einstein, cent'anni prima. La loro rivelazione era un'impresa incredibilmente difficile. Anzitutto in quanto per produrre queste onde era necessario il collasso di una supernova: fenomeno cosmico estremamente raro. L'altra difficoltà dipendeva dal fatto che per "vedere" queste onde erano necessarie tecnologie estremamente complesse.

E infatti, ancora negli anni quaranta del secolo scorso, Einstein disse al suo più giovane collaboratore, Peter Bergmann, che l'evidenza sperimentale sull'esistenza delle onde gravitazionali "chissà quando sarebbe stata realizzata". Giazotto dedicò la sua vita scientifica a questo obiettivo: dimostrare che le onde gravitazionali esistono.

Quando venne osservato il primo esempio di onde gravitazionali la cosa incredibile fu che queste onde non erano affatto accompagnate da onde elettromagnetiche (luce), come avrebbe dovuto essere, se a produrle fosse stato il collasso di una supernova.

Non è certo un caso che la lezione di apertura alla Scuola Internazionale di Fisica Subnucleare fosse stata affidata a lui, massimo esperto italiano di forze gravitazionali.

La nostra amicizia andava avanti da una vita e Adalberto mi aveva detto che era stato osservato anche un secondo evento. Ma c'era l'embargo e non se ne poteva parlare nel giorno dell'apertura della Scuola. Accadde che, dopo appena un giorno dall'apertura, Adalberto riuscì a far togliere l'embargo. Gli fu così possibile entusiasmare su questa nuova frontiera della fisica gravitazionale i cento più bravi giovani fisici provenienti da trentadue Nazioni.

Questi ragazzi erano i vincitori del Concorso-WFS (World Federation of Scientists), selezionati su basi rigorosamente meritocratiche, senza alcuna barriera geografica, politica, razziale. Adalberto è stato per decenni un prezioso collaboratore nell'*Erice Geist* (lo *Spirito di Erice*) al fine di incoraggiare i giovani talenti ad un ruolo decisivo nel progresso della Scienza.

Come illustrò chiaramente nella sua lezione Adalberto, i rivelatori delle onde gravitazionali installati negli USA e in Italia, erano stati progettati e messi a punto per osservare le onde gravitazionali emesse nel collasso di una supernova. Fenomeno cosmico che avviene molto più frequentemente degli scontri tra due buchi neri pesanti.

E invece i primi due eventi avevano origine proprio nello scontro tra due buchi neri pesanti. A questa novità non è stata data la dovuta attenzione dai media mondiali. La novità poteva venire dallo studio di ciò che accade subito dopo il Big Bang: tema che appassionava Adalberto.

Le forze gravitazionali sono le sole che sono legate allo spazio-tempo e alla sua curvatura. Le altre forze hanno bisogno di "cariche" mentre lo spazio-tempo è la struttura portante. La "carica elettromagnetica" è responsabile della formazione degli atomi e delle molecole. La "carica debole" genera la forza che permette a una Stella di brillare per miliardi di anni senza mai spegnersi né saltare in aria. Le "cariche subnucleari forti" fanno l'universo subnucleare grazie al quale esistono come sottoprodotto le forze nucleari.

La forza gravitazionale è l'unica forza nell'Universo che esaurisce la sua struttura nelle proprietà dello spazio-tempo. Einstein riuscì a descriverla matematicamente senza notare la soluzione formidabile scoperta pochi anni dopo da Schwarzschild. A questa soluzione Archibald Wheeler, negli anni cinquanta, dette il nome di *buchi neri*. Motivo: nemmeno la luce può riuscire a superare l'attrazione gravitazionale prodotta in questa

singularità. In un Universo in cui ci fosse solo la forza gravitazionale si possono produrre solo buchi neri primordiali. Se si scontrano due di questi buchi neri le uniche onde possibili sono le onde gravitazionali. Quindi niente luce.

Studiando la convergenza (Grand Unified Theory \equiv GUT) delle forze elettromagnetiche e subnucleari (forti e deboli), viene fuori un intervallo energetico (GAP) tra il livello d'energia in cui si realizza il GUT ($E_{\text{GUT}} \approx 10^{16}$ GeV) e il livello energetico in cui nasce la forza gravitazionale ($E_{\text{Planck}} \approx 10^{19}$ GeV). Per tanti anni si era invece pensato che tutte e quattro le forze a noi note dovessero convergere allo stesso livello d'energia, quindi $E_{\text{GUT}} = E_{\text{Planck}}$. Se c'è un GAP tra E_{GUT} e E_{Planck} in questo intervallo energetico possono esistere solo buchi neri primordiali. Questa novità porta alla conclusione che i rivelatori delle onde gravitazionali potrebbero avere un futuro molto più ricco di novità scientifiche di tutto ciò cui si era pensato quando vennero progettati. Di questo futuro era fortemente convinto Adalberto Giazotto.

Nella lezione di chiusura della stessa Scuola di Erice prima citata, il Presidente dell'INFN, Fernando Ferroni, ha detto che l'Italia, grazie ad Adalberto Giazotto è in prima linea in questa nuova frontiera della fisica moderna. Dobbiamo essere grati ad Adalberto Giazotto per aver dato all'Italia questo primato scientifico.

Antonino Zichichi
Università di Bologna e INFN, Italia
CERN, Ginevra, Svizzera
Centro Fermi¹, Roma, Italia

¹ Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi".



Il 17 agosto 2017, poco prima delle tre di pomeriggio in Italia, veniva registrato da un rivelatore composto dall'interferometro Virgo e dai suoi omologhi statunitensi di LIGO il passaggio di una onda gravitazionale. Il segnale era ben diverso da quello degli eventi registrati a partire dal 2015. Si trattava di due stelle di neutroni, che si erano fuse in un unico corpo celeste dopo aver orbitato l'una intorno all'altra irraggiando onde gravitazionali. Al contrario dei sistemi di buchi neri, si prevedeva che l'evento avrebbe avuto una controparte elettromagnetica. L'analisi congiunta dei dati di Virgo e LIGO identificò un'area nel cielo di 29 gradi quadrati entro la quale doveva trovarsi la sorgente. L'indicazione, prontamente trasmessa agli osservatori astronomici, permise di individuare un oggetto celeste, assente nelle immagini disponibili in precedenza. I fisici delle collaborazioni LIGO e Virgo, assieme a migliaia di astronomi e astrofisici lavorarono senza sosta con un centinaio di telescopi per osservare tutte le fasi di questa "kilonova", dall'accensione al raffreddamento. Dall'analisi spettrale emerse l'evidenza della presenza di processi rapidi di cattura di neutroni, in grado di produrre elementi atomici pesanti come l'oro, il platino o l'uranio, la cui abbondanza è difficile spiegare altrimenti.

Si era realizzata la visione di Adalberto Giazotto il quale, mentre Virgo veniva messo in funzione, convinse i colleghi di LIGO a parlare degli interferometri come di una "singola macchina" distribuita su tutta la superficie terrestre, con una piena condivisione dei dati e non come somma di tre strumenti che avrebbero condiviso i risultati delle proprie analisi. Questa sua visione venne estesa poi agli osservatori astronomici, e ben prima che venissero registrati gli eventi, comunità diverse si erano preparate alle osservazioni, scientificamente ma anche con accordi e protocolli, che potessero riconoscere a ciascuno il proprio contributo.

Nato nel 1940 a Genova, Adalberto Giazotto si è laureato a Roma nel 1965 con una tesi di fisica teorica sullo spettro di massa delle particelle elementari. Dopo aver trascorso un periodo come borsista al CNEN a Frascati, si unisce al gruppo di fisica sperimentale diretto da Gherardo Stoppini a Pisa che stava conducendo in collaborazione con il gruppo

di Edoardo Amaldi misure di produzione dei mesoni π^+ in soglia presso l'elettrosincrotrone di Frascati. Il gruppo pisano si trasferisce nei primi anni '70 a Daresbury, nel Regno Unito, per proseguire lo studio dell'elettroproduzione di adroni e misurare il fattore di forma assiale del nucleone. Nel 1974 inizia la partecipazione alla collaborazione FRAMM, diretta da Lorenzo Foà, per condurre esperimenti al CERN: NA1 sulla fotoproduzione e misura della vita media di particelle con charm, e NA7 sulla misura del fattore di forma dei mesoni π^- e K^- . Nel 1975 consegue la nomina a ricercatore R3 dell'INFN.

A partire dal 1981 Adalberto Giazotto volge i propri interessi verso la fisica delle onde gravitazionali. Pensa a grandi antenne interferometriche in grado di rivelare sorgenti a bassa frequenza quali stelle di neutroni ruotanti e sistemi binari coalescenti di stelle di neutroni e buchi neri a partire da 10 Hz. Il principale ostacolo è individuato nel rumore sismico, che è dodici ordini di grandezza maggiore del segnale ricercato. Inizia con alcuni collaboratori l'esperimento IRAS (Interferometro per la Riduzione Attiva del Sisma) dell'INFN, che lo porta a concludere che devono essere tentate vie diverse da quella del controllo attivo. Da qui Giazotto inizia lo sviluppo di un sistema passivo costituito da pendoli chiamato Superattenuatore, in grado di raggiungere le prestazioni richieste non solo in direzione orizzontale, ma in tutti i gradi di libertà traslazionali e angolari, arrivando nel 1994 alla soluzione attualmente utilizzata in Virgo.

Nel 1986 inizia la collaborazione con Alain Brillet, esperto di ottica del laboratorio di Orsay. Questo conduce alla proposta, presentata da Giazotto nel 1987 all'INFN, assieme a gruppi di Napoli, Pisa, Salerno, Frascati, Parigi e Orsay, di costruire in Italia un'antenna interferometrica di 3 km. A seguito del vaglio scientifico da parte della Commissione II dell'INFN il progetto viene incluso nel piano quinquennale 89-93 dell'Istituto. Nel contempo Giazotto consegue nel 1989 la nomina a dirigente di ricerca dell'INFN. Nel 1993 Virgo viene definitivamente approvato attraverso un accordo internazionale dall'INFN e dal CNRS francese, mentre negli Stati Uniti viene approvata la costruzione di LIGO, consistente in due interferometri di 4 km. Adalberto

Giazotto viene nominato direttore del progetto speciale Virgo alternandosi negli anni successivi con Alain Brillet. Al termine della costruzione, nel 2002, si forma ufficialmente la collaborazione Virgo, che lo elegge spokesperson. La collaborazione arriverà a comprendere i gruppi delle sezioni di Firenze-Urbino, Padova-Trento, Perugia, Roma, Tor Vergata, oltre quelli della proposta originaria. Con lo strumento costruito, Adalberto Giazotto vede allora il valore nell'utilizzare gli interferometri come una "single machine". Inizia la messa in funzione per raggiungere la sensibilità di progetto, ottenuta nel 2009. Adalberto Giazotto continua a lavorare con la stessa attenzione di sempre ad Advanced Virgo, l'interferometro di seconda generazione, di cui era stata approvata la costruzione. Nell'estate del 2017, una sorgente viene individuata attraverso il segnale registrato nei tre interferometri, rendendo reale la visione di quindici anni prima, qualche mese prima della sua prematura scomparsa.

Dai molteplici interessi, appassionato collezionista di cristalli, Adalberto Giazotto manifestava la sua meraviglia per le bellezze che potevano sorgere dall'opera della natura e del tempo, così come dall'opera dell'uomo, in particolare attraverso la musica, di per sé effimera ma fonte di emozioni durature, come gli eventi che Virgo ha registrato.

Originale e raffinato esponente di una scienza ispirata a fondamentali obiettivi di conoscenza, guardava sempre avanti, guidato dalla sola ricerca della perfezione, funzionale a realizzare, come diceva, "una cosa di una difficoltà mostruosa". Adalberto Giazotto è uno straordinario esempio di come le idee scientifiche possano essere portate avanti, senza compromessi ma accettando sempre il responso dell'esperimento, fino a raggiungere traguardi impensabili.

Adalberto Giazotto ci ha lasciati lo scorso 16 novembre. Desideriamo che rimanga tra noi quale esempio di passione scientifica e umana per i nostri studenti, nello studio e nella vita.

Francesco Fidecaro
Università di Pisa,
INFN, Sezione di Pisa