Ti con zero
scienza&arte, economia&politica&società,
recensioni di saggi, di letteratura, racconti, ebook

Giovanni Vittorio Pallottino

67. Articoli di Autori Vari
Tanti e tanti anni fa
Le onde gravitazionali spiegate alle ragazze e ai ragazzi, e non solo

Riflessioni su una scoperta epocale rivolte a nipoti e figli

Questo articolo, in origine e come si vede dalla dedica, era destinato a una circolazione familiare. Ticonzero, venutone in possesso, ha chiesto all'autore di poterlo pubblicare, ritenendolo molto più chiaro di tante altre spiegazioni circolate sui media e anche perché si tratta di una testimonianza biografica sull'origine delle ricerche italiane in questo campo che merita di essere conosciuta.

Tanti e tanti anni fa, oltre un secolo, nel 1915 Albert Einstein pubblicò la teoria della relatività generale. Che è considerata oggi, assieme alla meccanica quantistica, un pilastro della fisica. Per dirla in breve, Einstein scrisse delle equazioni che rivoluzionavano le fondamenta della gravitazione stabilite due secoli prima da Isaac Newton. Il punto essenziale è che, secondo la nuova teoria, i corpi non si attirano fra loro, ma deformano lo spazio, curvandolo, in ragione delle loro masse. Col risultato che i corpi tendono a cadere spontaneamente l'uno verso l'altro, più o meno come avviene in un telo elastico disposto orizzontalmente sul quale si trovano delle palle pesanti. E qui è meglio fermarsi.

Come se non bastasse, l'anno dopo, 1916, Einstein trovò una conseguenza importantissima della nuova teoria, secondo la quale il brusco movimento dei corpi produce onde, le onde gravitazionali, che si propagano a distanza alla velocità della luce. Le quali sono tanto più intense quanto maggiore è la massa dei corpi che le producono e l'accelerazione del loro moto. Ma sono comunque debolissime e difficilissime da rivelarsi, come riconobbe lo stesso Einstein. Ma cosa sono queste onde? Si tratta di "increspature" dello spazio, che quando passano producono delle (minuscole) variazioni della distanza fra i corpi.

Sempre lo stesso anno (1916), il fisico tedesco Karl Schwarzschild pubblicò un'altra conseguenza della relatività generale: una particolare soluzione delle equazioni di Einstein dalla quale derivò l'ipotesi dell'esistenza dei buchi neri.

Per molti decenni nessuno provò a rivelare le onde gravitazionali, perché si pensava che l'impresa fosse troppo difficile. Fu solo negli anni Sessanta che ebbero inizio i primi tentativi, usando dei grandi cilindri di alluminio pesanti alcune tonnellate. Che venivano sospesi con un cavo in uno scatolone da cui si estraeva l'aria per fare il vuoto (in modo che i disturbi esterni non raggiungessero il cilindro). La teoria prevedeva che questi cilindri, in seguito al passaggio di un'onda gravitazionale, si sarebbero messi a vibrare e queste vibrazioni si sarebbero potute misurare. Ma non si trovò nulla.

Il fatto è che bisognava rendere più sensibili questi rivelatori, come alcuni scienziati cercarono di fare a partire dagli anni Settanta. A Roma, per iniziativa del grande fisico italiano Edoardo Amaldi e di Guido Pizzella, si costituì un gruppo nel quale entrai a far parte per occuparmi della parte elettronica di questi esperimenti. Fu così che costruimmo una serie di rivelatori sempre più perfezionati, alcuni dei quali raffred-

dati a temperature bassissime (poco sopra lo zero assoluto) allo scopo di ridurre le vibrazioni spontanee dei grandi cilindri. Questi strumenti portarono l'Italia al primato mondiale di sensibilità, che però non fu sufficiente a rivelare le onde gravitazionali.

Si volle allora, siamo arrivati agli anni Novanta, migliorare ancora la sensibilità dei rivelatori ed estendere le possibilità di osservazione dei segnali gravitazionali considerando le onde prodotte da vari fenomeni astrofisici molto violenti riguardanti corpi di grande massa, fra cui l'esplosione di una stella (supernova) al termine della sua vita e l'incontro fra due corpi celesti che si uniscono assieme. L'idea vincente fu quella di realizzare dei nuovi strumenti, del tutto diversi dai grandi cilindri. Si tratta dei cosiddetti interferometri, nei quali si usa un raggio di luce laser per misurare le variazioni della distanza fra due specchi lontani. È chiaro che la sensibilità di questi strumenti è tanto maggiore quanto più lontani sono i due specchi, ma in realtà è ancora maggiore perché il raggio di luce rimbalza fra i due specchi un gran numero di volte.

A tutt'oggi sono stati costruiti tre grandi interferometri: due negli Stati Uniti da parte della collaborazione chiamata LIGO e uno in Italia, a Cascina vicino a Pisa, da parte della collaborazione VIRGO italo-francese. Gli specchi riflettenti, che distano fra loro 4 chilometri, sono collegati da un raggio laser che viaggia all'interno di un lunghissimo tubo dal quale è stata estratta l'aria per evitare di assorbire la luce laser. Una cura straordinaria è stata posta nell'evitare che gli specchi siano raggiunti da disturbi esterni, sorreggendoli con una serie di speciali pendoli.

Per costruire e perfezionare questi strumenti ci sono voluti quasi due decenni. Ed è stato soltanto nel settembre scorso, quando sfortunatamente il rivelatore italo-francese non era in funzione perché si stava lavorando a migliorarne le prestazioni, che i due rivelatori americani hanno visto un segnale che è apparso subito molto interessante. Ma la prudenza non è mai troppa. Prima di annunciare al mondo la scoperta tanto attesa, gli scienziati dei gruppi LIGO e VIRGO, uniti in un'unica collaborazione scientifica, hanno trascorso ben cinque mesi ad esaminare in tutte le maniere il segnale che era stato osservato. Per convincersi che si trattasse davvero di un'onda gravitazionale e non di un disturbo o di qualcos'altro.

Ma perché ci si può credere? Per almeno due motivi. Prima di tutto perché lo stesso segnale è stato visto contemporaneamente da due rivelatori posti a tremila chilometri di distanza e poi perché la forma del segnale è proprio quella che ci si aspetta quando due buchi neri s'incontrano e si fondono assieme. Una simulazione dell'incontro si vede cliccando qui sotto https://youtu.be/I_88S8DWbcU. Si vedono i due buchi neri che girano uno attorno all'altro sempre più vicini e sempre più rapidamente fino ad unirsi in un buco nero più grande. Ma la massa di quest'ultimo (62 masse solari) è minore della somma delle masse dei due buchi neri iniziali (29 e 36 masse solari) perché la differenza (3 masse solari) si è trasformata in energia gravitazionale, una minuscola frazione della quale ha potuto poi raggiungere la Terra. E l'ha raggiunta viaggiando, alla velocità della luce, per 1,3 miliardi di anni. Perché il sito dello scontro, straordinariamente lontano da noi si trova a una distanza circa ottantamila miliardi di volte maggiore di quella fra la Terra e il Sole. Una distanza che è difficile solo immaginare.

Il segnale emesso nello scontro fra i due buchi neri si chiama *chirp*, che vuol dire cinguettio. Si tratta di una breve onda che aumenta gradualmente di ampiezza e frequenza (salendo cioè di tono) proprio come il cinguettio di un uccello. Aumenta di ampiezza man mano che i due buchi neri si avvicinano emettendo una radiazione sempre più intensa; aumenta di frequenza man mano che i due buchi neri spiraleggiano sempre più velocemente. Il cinguettio si può ascoltare cliccando qui https://youtu.be/QyDcTbR-kEA.

Ma perché questa scoperta è importante, anzi importantissima? Le ragioni sono parecchie. La rivelazione delle onde gravitazionali dimostra che queste onde esistono davvero e quindi, ancora una volta, Einstein aveva ragione. Poi con questa scoperta ha inizio una nuova astronomia, basata non più sulle onde luminose o sulle altre onde elettromagnetiche (radio, infrarosso, ultravioletto, raggi X e gamma), ma totalmente diversa. Una nuova astronomia che utilizza onde che passano attraverso la materia, anche attraverso una stella, senza attenuarsi apprezzabilmente, che quindi ci possono dare informazioni provenienti da parti dell'Universo oggi inaccessibili all'osservazione. Poi c'è anche la rivelazione diretta dell'esistenza dei buchi

neri, anche qui a un secolo esatto dalla teoria che li prevedeva. E infine c'è tutto quello che da ora in poi si potrà trovare, del quale non abbiamo ancora idea.

Da qualche anno io non lavoro più su queste cose. Ma ho la gioia e la soddisfazione di vedere che la ricerche a cui avevo partecipato per oltre tre decenni sono state coronate da un successo straordinario. Ottenuto grazie al lavoro tenace di tanti ricercatori di decine di Paesi del mondo e in particolare di quelli italiani, numerosi nella collaborazione LIGO e parte essenziale della collaborazione VIRGO, che oggi è guidata dal collega Fulvio Ricci e alla quale partecipano tanti amici con cui abbiamo lavorato a lungo assieme e dei quali conosco bene la cultura, l'impegno e la dedizione. Scomparso da tempo il grande Edoardo Amaldi, restano oggi, oltre a me, i colleghi Guido Pizzella, leader e animatore per decenni della ricerca gravitazionale italiana, e Ivo Modena, che ha contribuito a lungo in modo essenziale a queste ricerche. Fulvio Ricci, dopo l'annuncio della scoperta, ci ha voluto ricordare nella mail che segue, trasmettendoci l'articolo che descrive la rivelazione delle onde gravitazionali.

venerdì 12 febbraio 2016 9.05
Cari Maestri,
Vi invio con affetto questo nostro lavoro
Cari saluti
Fulvio

venerdì 12 febbraio 2016 9.54
grazie Fulvio,
con grandissima gioia per il risultato veramente epocale, e complimenti
vivissimi a te e a tutti i membri del gruppo per la dedizione e il
lavoro straordinario
Gianvittorio

venerdì 12 febbraio 2016 12.18
Cosa valgono gli allievi se non sanno superare i maestri?
E' con vera gioia che partecipo a questo momento che resterà associato a quello
di un lungo periodo, in fondo preparatorio, di lavoro di VOI con NOI!!
Grazie Ivo.

18 febbraio 2016
Codice **ISSN 2420-8442**