

» L'INTERVISTA



LA RIVELAZIONE DELLE ONDE GRAZIALI APRE UNA NUOVA FINESTRA SULL'ASTRONOMIA MULTIMESSENGER.

Intervista a Marco Pallavicini, professore all'Università di Genova e ricercatore della sezione INFN di Genova, responsabile della commissione per la fisica astroparticellare dell'INFN.

Le due onde gravitazionali rivelate dalle collaborazioni internazionali LIGO e VIRGO a settembre e a dicembre 2015, e annunciate rispettivamente nel febbraio e nel giugno di quest'anno, non solo rappresentano una pietra miliare nella storia dell'esplorazione astronomica dell'universo, ma rivelano inaspettatamente un universo molto attivo in cui i sistemi binari di buchi neri sono più abbondanti di quanto si pensasse. Già lo sviluppo recente di nuovi rivelatori e metodi sperimentali aveva permesso all'astronomia *multimessenger*, impegnata nella rivelazione coordinata di segnali elettromagnetici, raggi cosmici, raggi gamma e neutrini di alta energia, di osservare l'universo nella sua varietà, integrando in un quadro quanto possibile unitario i risultati ottenuti in fisica delle particelle, fisica teorica e astronomia. L'astronomia gravitazionale, avviatasi con la recente scoperta delle prime onde gravitazionali, non solo aggiunge un tassello a questo quadro, ma sfonda una vera e propria barriera nell'esplorazione dei fenomeni più violenti dell'universo. E con il successo recente della missione LISA Pathfinder (Laser Interferometer Space Antenna Pathfinder), il cui obiettivo era testare la fattibilità tecnologica di un osservatorio spaziale per le onde gravitazionali, il futuro dell'astronomia gravitazionale è già in evoluzione. Abbiamo chiesto a Marco Pallavicini, responsabile della commissione per la fisica astroparticellare dell'INFN, quali saranno i prossimi passi di questa nuova frontiera dell'astronomia a molti messaggeri.

La prima rivelazione di onde gravitazionali nella storia ha dato il via a un nuovo campo d'indagine, quello dell'astronomia gravitazionale. Potremo osservare l'universo sotto una nuova "luce"?

Sarebbe più corretto dire che riveliamo qualcosa che prima non avevamo orecchie per "sentire". Le onde gravitazionali sono generate da fenomeni fisici profondamente diversi da quelli che emettono i fotoni, i raggi cosmici o i neutrini, le particelle con cui abbiamo fino ad oggi studiato il cosmo. La radiazione elettromagnetica e i messaggeri particellari forniscono prevalentemente informazioni sulla presenza delle sorgenti cosmiche e sulle trasformazioni della materia al loro interno, mutamenti che

» L'INTERVISTA

comportano appunto l'emissione di radiazione e di particelle. Le onde gravitazionali, invece, forniscono informazioni altrimenti non osservabili sulla dinamica delle masse in movimento. Quelle osservate da LIGO-VIRGO, in particolare, sono state emesse durante la collisione di due buchi neri in orbita uno attorno all'altro, ma in generale sono le grandi masse in moto rapido o in collasso che emettono onde gravitazionali. Sono fenomeni studiabili solo attraverso questa nuova "finestra" sul cosmo.

Quindi gli strumenti di indagine più tradizionali in campo astronomico e astroparticellare mantengono in pieno la loro validità ma ora possono contare su un nuovo livello di informazione.

Lo studio delle onde gravitazionali ci insegnerà molte cose, soprattutto sui buchi neri e sulle stelle di neutroni, ma forse ancor di più impareremo dall'osservazione congiunta di onde gravitazionali con altre fonti tradizionali. La primaria è certamente la radiazione elettromagnetica, i fotoni, oggetto di osservazione dei telescopi per l'astronomia tradizionale, ma anche i raggi cosmici, catturati oggi da esperimenti distribuiti sulla superficie terrestre o in orbita fuori dall'atmosfera terrestre a bordo di satelliti, e i neutrini, su cui più recentemente si stanno focalizzando esperimenti realizzati negli abissi o sotto i ghiacci dell'Antartide. Le onde gravitazionali integrano e arricchiscono il bagaglio degli strumenti a disposizione per capire meglio l'universo.

Difficile dire oggi che cosa ci aspettiamo di osservare nella composizione di questo puzzle. Otterremo molto probabilmente nuove informazioni sui buchi neri, sulle stelle di neutroni e sulla gravità in presenza di campi gravitazionali molto intensi. Tuttavia, quando si apre una nuova via è difficile fare previsioni. L'unica previsione facile è che ci saranno molte sorprese.

Il recente successo della missione LISA Pathfinder può estendere ulteriormente le possibilità future dell'astronomia gravitazionale?

LISA-Pathfinder ha dimostrato in modo spettacolare che la rivelazione di onde gravitazionali con un interferometro spaziale nel prossimo futuro sarà possibile. Il futuro strumento eLISA consentirà di osservare onde di frequenza molto più bassa di quelle misurabili da LIGO-Virgo. Questo aprirà nuove opportunità di fisica, come l'osservazione delle collisioni di nuclei di galassie o la misura di eventi lontanissimi nel cosmo, e nello stesso tempo consentirà di osservare i segnali già visti da LIGO-Virgo con un anticipo di molte ore o forse giorni, aprendo la strada a misure enormemente più precise e raffinate. In questo modo, oltre a rivelare segnali che altrimenti sarebbero inosservabili, eLISA potrebbe funzionare da pre-allerta per i rivelatori a terra e per i satelliti in orbita intorno alla Terra, consentendo loro di preparare il campo alla rivelazione dello stesso evento o di segnali a esso correlati.

Quali sono le prospettive più promettenti e quali i futuri sviluppi dell'osservazione multimessenger? E quali i progetti di punta per l'INFN?

L'INFN è impegnato in molti esperimenti di osservazione "multimessenger" dell'universo da Terra, dallo spazio, in laboratori sotterranei e nelle profondità del mare. Abbiamo strumenti o partecipiamo

» L'INTERVISTA

con altri a progetti per l'osservazione di diversi messaggeri cosmici, tra i quali: neutrini di bassa energia, ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso; neutrini di altissima energia, con esperimenti negli abissi come l'osservatorio sottomarino di KM3NeT al largo di Portopalo di Capo Passero; fotoni di alta energia (dal GeV al PeV), con i grandi telescopi per raggi gamma come Magic alle Canarie e il progetto internazionale CTA; raggi cosmici carichi, rivelati nei loro sciami secondari da rivelatori estesi sulla superficie terrestre come Auger nella Pampa Argentina, e nella loro composizione primaria dai rivelatori posti fuori dall'atmosfera terrestre, sulla Stazione Spaziale Internazionale come AMS o su satellite, come Pamela e Fermi; e, infine, le onde gravitazionali, con Virgo. Le informazioni congiunte di questi strumenti, e di altri non operati da noi in molti laboratori del mondo, forniranno una via del tutto nuova per lo studio di supernovae, stelle di neutroni e buchi neri. E ancora più importante, ci diranno cose che ora non possiamo neppure immaginare, perché questo è quanto è sempre successo quando si sono acquisite tecnologie fondamentalmente nuove. ■