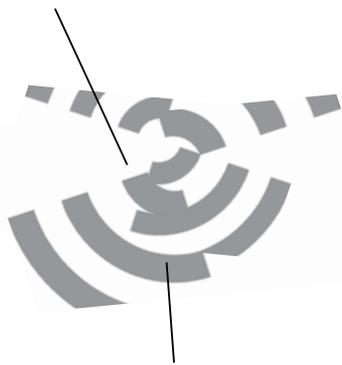


Lo strano caso delle onde gravitazionali

Stefano Pisani

Un anno fa le sfuggenti onde gravitazionali, che dimostrerebbero la correttezza della Teoria dell'inflazione del Big Bang, sembravano essere state finalmente viste. Qualche settimana fa, però, è arrivata la smentita: niente tracce di onde gravitazionali, ma un semplice riflesso delle polveri galattiche. È stato un errore esclusivamente tecnico o di comunicazione della scienza?



La scienza, secondo il filosofo Karl Popper, procede per tentativi, correggendo gli errori. Allora l'impresa scientifica trarrà sicuramente grande giovamento da un recentissimo "errore" commesso a proposito di un tema incandescente della cosmologia: la scoperta delle onde gravitazionali. O meglio, l'individuazione di una prova diretta dell'esistenza delle onde gravitazionali, smentita un anno dopo.

COSA SONO LE ONDE GRAVITAZIONALI

Le onde gravitazionali sono come increspature nella curvatura dello spazio-tempo che trasportano energia e si propagano, appunto, come onde. Rappresentano uno dei capitoli più interessanti della Teoria della Relatività Generale di Einstein, che ne ha predetto l'esistenza nel 1916, prevedendo però anche che queste onde forse non sarebbero mai state osservate perché troppo fiovoli. Nella matematica di Einstein, la massa di un corpo (insieme alla sua energia), curva lo spazio intorno a esso. Usando una metafora, potremmo pensare, per esempio, a una persona che si siede su un letto e che produce intorno a sé, sul materasso, gli effetti della sua presenza. Inoltre, in determinate circostanze, quando gli oggetti accelerano generano delle deformazioni nello spazio-tempo che si propagano anche a distanza, viaggiando attraverso l'Universo alla velocità della luce in maniera simile a delle onde (in questo caso, si pensi a un materasso ad acqua). Sono questi fenomeni propagatori a essere noti appunto come onde gravitazionali. Finora, sono state trovate solo prove indirette dell'esistenza delle onde gravitazio-

nali. Nel 1974, i fisici americani Russell Alan Hulse e Joseph Hooton Taylor, lavorando su alcune pulsar osservate mediante il radiotelescopio di Arecibo, nell'isola di Porto Rico, scoprirono un nuovo tipo di pulsar che danzava con una stella compagna in una stretta orbita. Dopo circa vent'anni, nel 1993, arriva per loro il Premio Nobel in Fisica: l'irregolarità delle emissioni radio del sistema binario Hulse-Taylor aveva suggerito per la prima volta che le onde gravitazionali erano più di anomalie matematiche su carta, e ne costituiva la prima prova indiretta dell'esistenza. Indiretta perché i due riuscirono a rilevare la diminuzione della velocità orbitale del sistema, un effetto riconducibile alla perdita di energia legata alla emissione di onde gravitazionali.

LA TEORIA DELL'INFLAZIONE

Oggi, trovare prove dirette dell'esistenza delle onde gravitazionali rappresenterebbe anche una conferma della teoria dell'inflazione cosmica, secondo cui l'Universo, dopo la sua nascita con il Big Bang avvenuto 14 miliardi di anni fa, non si è accresciuto lentamente, ma in modo davvero esplosivo. Sviluppata negli anni Ottanta dai fisici Alan Guth e Andrej Linde, la teoria dell'inflazione sostiene che si sarebbe verificata un'espansione dell'Universo incredibilmente rapida, tra 10^{-36} e 10^{-32} secondi dopo il Big Bang. Dopo questo periodo di espansione praticamente istantanea, l'Universo sta continuando a espandersi, anche se con un passo meno accelerato. Nel loro viaggio, le onde gravitazionali primordiali hanno compresso ed espanso lo spazio: un segno del loro passaggio potrebbe raccontarci qualcosa sulla nascita dell'Universo

come nemmeno la luce può fare (perché i fotoni, a quel tempo, non erano ancora nati).

LA TRACCIA NELLA RADIAZIONE COSMICA DI FONDO

Solo se potessimo vederle, però, il che non è cosa affatto semplice. L'Universo in espansione ha infatti "stirato" così tanto le increspature nello spazio-tempo causate dalle onde gravitazionali che le distorsioni che hanno provocato potrebbero apparire oggi come praticamente invisibili (delle

L'inflazione è una particolare evoluzione che avrebbe subito l'universo nei suoi primissimi istanti di vita, appena dopo il Big Bang

dimensioni di circa un milione di volte più piccole di un atomo). Uno dei modi per trovarne traccia, è nella cosiddetta radiazione cosmica di fondo, considerata uno dei "bagliori" che restano del Big Bang. La radiazione cosmica di fondo è il residuo fossile di un'epoca in cui l'Universo era estremamente caldo e un bianco, caldissimo plasma di idrogeno emetteva radiazione termica.

Nel corso di miliardi di anni, l'Universo si è espanso (diventando trasparente) e si è raffreddato, e questa radiazione si è raffreddata a sua volta fino a scendere alle energie delle micro-onde. Come le onde del mare lasciano un'impronta del loro passaggio ondulando la sabbia del fondale sotto di esse, così le onde gravitazionali potrebbero aver lasciato la loro impronta in parte della radiazione cosmica di fondo, il residuo delle micro-onde prodotte dal Big Bang che permea tutto l'Universo.

ABBIAMO TROVATO LE ONDE GRAVITAZIONALI

Si tratta, dunque, di esaminare con grande attenzione questo fondo di micro-onde, e ovviamente di farlo con un radiotelescopio. Le condizioni ideali dell'atmosfera, poi, dovrebbero, innanzitutto, essere quelle con aria il più possibile "sottile" e molto asciutta, perché il vapore acqueo potrebbe bloccare le micro-onde. Inoltre, sarebbe utile ef-

fettuare le osservazioni in un'area scarsamente popolata, anzi, meglio ancora se disabitata e, quindi, priva di ogni interferenza da parte di telefoni mobili, segnali televisivi o altre apparecchiature elettroniche. Un luogo di ricerca, insomma, come quello offerto dalla Amundsen-Scott South Pole Station, che ospita Bicep (*Background Imaging of cosmic Extragalactic Polarisation*), che si trova in Antartide e che effettua le sue osservazioni a oltre 2800 metri sopra il livello del mare. Proprio dall'esperimento BICEP2 è arri-



La scoperta dell'anno in astrofisica e cosmologia è dunque una bufala, frutto di un banale errore?

vato, nel marzo 2014, il clamoroso annuncio. Il telescopio americano, sensibile alla polarizzazione della radiazione cosmica di fondo (nelle bande 100 e 150 GHz) avrebbe percepito proprio queste antichissime "smagliature" nella radiazione cosmica di fondo, questa istantanea dell'Universo fotografato alla tenera età di 380 mila anni. Il team Nasa, coordinato da John Kovac della Harvard University, il 17 marzo, ha presentato al mondo, le prove che le tracce dell'inflazione nella radiazione cosmica di fondo erano state trovate. Un risultato eccezionale che era arrivato, per pura coincidenza, nel cinquantesimo anniversario della scoperta della radiazione cosmica di fondo. Kovac aveva annunciato che lo strumento BICEP2 aveva osservato i cosiddetti "modi B" primordiali. La polarizzazione presente nella radiazione cosmica di fondo ha infatti due componenti, quella dei "modi E" e quella dei "modi B": le perturbazioni primordiali del campo gravitazionale determinano unicamente la forma dei "modi B" di polarizzazione. Quindi BICEP2 aveva trovato i "modi B", questi "riccioli" impressi sul pattern della polarizzazione della radiazione cosmica di fondo dalle onde gravitazionali primordiali previste dai modelli inflazionari.

UNA SCOPERTA CRUCIALE

L'annuncio è subito apparso di grande rilievo, anche perché i risultati erano stati accompagnati da quello che, ormai, dalla scoperta del bosone di Higgs, è diventato anche

per i profani un marchio di garanzia, ovvero la significatività statistica superiore al 5sigma. Ma non solo: l'esperimento BICEP2 diceva anche che le onde che si sono "sollevate" in seguito all'inflazione, sarebbero state alte circa il doppio rispetto a quanto ipotizzato finora. E una conclusione del genere potrebbe sfolire di molto l'abbondante gruppo di modelli d'inflazione finora ritenuti plausibili. Si sarebbe trattato dunque della prova più diretta mai ottenuta dell'esistenza delle onde gravitazionali e la prima evi-

A febbraio 2015, il satellite Planck ha smorzato gli entusiasmi. BICEP non ha trovato alcuna traccia di onde gravitazionali

denza sperimentale diretta dell'inflazione cosmica. C'è da puntualizzare che i fisici suppongono che tutti i fenomeni che coinvolgono masse in violenta accelerazione, e quindi non solo l'inflazione cosmica, potrebbero produrre onde gravitazionali osservabili. Per esempio, anche cataclismi come la fusione di due buchi neri in collisione (e infatti ci sono molti osservatori nel mondo che stanno cercando di captare segni di eventi come questi). Tuttavia, che il tipo di alterazione della radiazione a micro-onde che è stato annunciata dagli scienziati di Harvard poteva essere causato solo da onde gravitazionali e solo se queste erano state amplificate dall'inflazione. I risultati dello studio avrebbero rappresentato, quindi, una sorta di "pistola fumante" dell'avvenuta inflazione. Poiché, inoltre, l'inflazione è un fenomeno quantistico e le onde gravitazionali sono una parte della fisica classica, saremmo stati di fronte alla prima prova che la gravità potrebbe avere una natura quantistica come le altre forze della Natura. Insomma, una scoperta, proposta in due articoli postati su *arXiv*, che è un po' come una seria ipotesi sul Premio Nobel, se confermata. Appunto, se confermata.

LA SMENTITA

Il satellite Planck, a febbraio 2015, ha smorzato gli entusiasmi. BICEP non ha trovato alcuna traccia di onde gravitazionali. I segnali osservati sono stati disturbati dalle emissioni di luce proveniente da polveri magnetizzate del-

la Via Lattea. Questa conclusione, sottoposta alla rivista *Physical Review Letters*, è arrivata da un lavoro congiunto a cui hanno partecipato non solo gli stessi membri del team BICEP2 ma anche gli scienziati del telescopio spaziale Planck dell'Esa (Agenzia Spaziale Europea), che fino a quel momento rappresentavano i "rivali" nella corsa alle onde gravitazionali. Già a settembre 2014, comunque, Planck aveva prodotto le prime mappe dell'emissione polarizzata della pol-



Negli ultimi anni diversi grandiosi annunci scientifici hanno poi deluso le aspettative

vere a elevate latitudini che avevano fatto sospettare la comunità scientifica che le regioni in cui BICEP2 aveva guardato, e che si pensavano "pulite", in realtà fossero piuttosto "polverose". Planck ha concluso la sua missione nel 2013 ma il suo ampio archivio di dati è ancora studiato e interpretato. A marzo 2014, il team di BICEP2 aveva avuto accesso a un *dataset* preliminare del satellite e aveva concluso che l'impatto delle polveri stellari sulle sue osservazioni era minimale. Rimosso il "disturbo" dell'emissione della polvere galattica, la prova dell'osservazione di "modi B" non è più così solida.

UNA COMUNICAZIONE SCIENTIFICA TROPPO DISINVOLTA?

Negli ultimi anni, ci sono stati diversi casi, nella scienza, in cui grandiosi annunci hanno creato eccitazione generale per poi deludere le aspettative. A novembre 2012, sempre la Nasa, o meglio John Grotzinger responsabile della missione Curiosity, annunciò in modo abbastanza spiazzante che la missione marziana stava per rendere conto di un risultato che sarebbe entrato «nei libri di storia».

La notizia fece il giro del mondo e quasi tutti pensarono che il rilevatore SAM di Curiosity avesse trovato tracce di materiale organico, ossia la vita sul Pianeta Rosso. Dopo alcune settimane, durante

il meeting dell'*American Geophysical Union*, la scoperta venne precisata e ridimensionata: non era stata trovata "la vita", ma l'analisi dei campioni di sabbia aveva trovato una chimica abbastanza complessa contenente acqua, zolfo, cloro e carbonio. E non si sapeva con certezza se il carbonio fosse di origine marziana.

Nonostante la Nasa stessa nei giorni precedenti avesse tentato di gettare acqua sul fuoco mediatico, ormai c'era ben poco da fare. Ma anche il Vecchio Continente ha le sue storie di sensazionalismi scientifici da dimenticare. Circa un anno prima, a settembre 2011, era stato infatti il Cern il teatro di un annuncio eclatante: durante l'esperimento OPERA, i fisici avevano scoperto dei neutrini più veloci della luce. Il viaggio tra il Cern e i Laboratori del Gran Sasso aveva apparentemente dimostrato che questi neutrini superluminali battevano di circa 60 nanosecondi la luce. Dopo qualche mese arriva però la smentita: un problema tecnico a carico della strumentazione usata nella misura aveva portato a un'errata conclusione. Questa comunicazione "disinvoltata" se da un lato è riuscita a far crescere lo spazio che la stampa dedica ad argomenti scientifici, rischia di alimentare un certo sentimento di scetticismo popolare nei confronti del mondo della scienza. Il gioco vale davvero la candela?

UN REFERAGGIO TROPPO LENTO E UNA SCIENZA TROPPO COMPETITIVA

«Ci sono vari aspetti da considerare. Prima di tutto, oggi la diffusione delle informazioni è diventata troppo semplice: i social network hanno reso le fughe di notizie molto più probabili, e i lavori vengono diffusi quando, spesso, sono ancora in una fase troppo acerba» commenta Giuseppe Longo, astrofisico dell'Università "Federico II" di Napoli e *Visiting Associate* del *California Institute of Technology*. «In generale, comunque, il problema delle agenzie scientifiche, come la Nasa, è di tipo meramente pratico. Si cerca di presentarsi al decisore politico, che assegna i finanziamenti, con risultati convincenti, ossia ecce-



zionali dal punto di vista scientifico - ma non troppo sofisticati, per evitare che gli sembrino incomprensibili. In questo modo si spera di ottenere i fondi. Molto spesso, in un ambiente che diventa sempre più competitivo, l'ansia di scoprire qualcosa fa abbassare la soglia di attenzione e fa vedere quello che si vuole vedere, in un certo insieme di dati. Questo porta a commettere errori, che poi l'esposizione pubblica fa scontare amaramente».

Il disagio riguarda però anche i lavori che vengono pubblicati su riviste *peer reviewed*, che spesso vanno incontro a ritrattazioni. «Qui le responsabilità sono dell'attuale sistema accademico, che tende a premiare più la quantità che la qualità dei *paper*. Si sta radicando, negli ultimi anni, la logica del '*publish or perish*', pubblica o muori - continua Longo - la valutazione tramite indici numerici quantitativi, e non qualitativi, comporta che non appena si ha una cosa molto forte per le mani la si pubblica subito, anche a rischio di fare poi figuracce, per l'ansia di pubblicare quell'articolo in più che può fare la differenza quando ci sono, per esempio, da assegnare cattedre». Oltre alla valutazione quantitativa, più che qualitativa, dei lavori scientifici, è forse anche il sistema stesso del referaggio uno degli indiretti responsabili di questo tipo di comunicazione scientifica così azzardata. «Oggi possono passare anche diversi mesi, quando non un anno, tra la sottomissione di un articolo di ricerca a una rivista *peer reviewed* e la sua pubblicazione. Un sistema farraginoso, incompatibile con i tempi della ricerca che si muove, nella sua evoluzione, su scala ormai mensile.

È anche questo che spesso spinge gli scienziati a lanciare annunci scavalcando la *peer review*, che invece è un meccanismo di controllo e valutazione fondamentale per il progresso della scienza. Bisognerà trovare un metodo più efficace. In questo senso, io credo che luoghi come arXiv siano il futuro della ricerca e vedo di buon occhio un referaggio che sia un po' l'equivalente del sistema dei *like* usato da Facebook, naturalmente opportunamente tarato per il nostro mondo. Questo potrebbe aiutare» conclude Longo.