

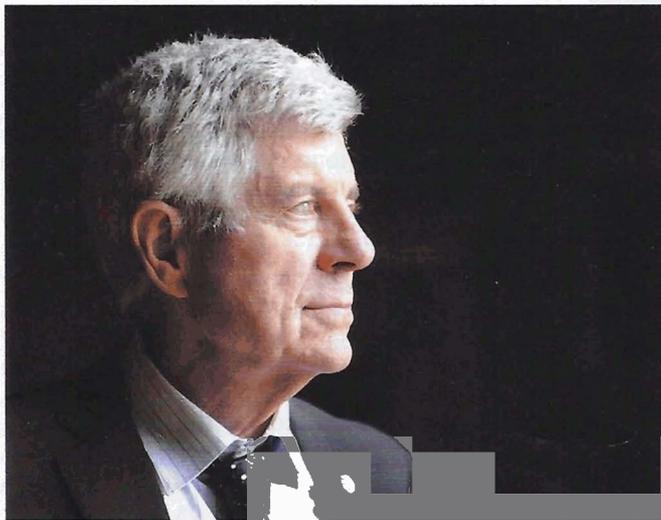
Vorrei tanto vedere quelle onde di Giovanni Bignami

Non è facile immaginare la seduta della Accademia Prussiana delle Scienze del 25 novembre 1915. In piena guerra mondiale erano tutti lì ad ascoltare un giovane (36 anni) professore ebreo che cominciava una serie di conferenze su di una rivoluzione nella fisica. A 17 anni, Albert Einstein aveva rinunciato alla cittadinanza tedesca (ed era perciò immune dal servizio militare, che profondamente disprezzava), a 22 aveva avuto una figlia illegittima (poi morta di scarlattina) da una giovane e talentuosa serba, l'unica donna ammessa al Politecnico di Zurigo, poi tardivamente sposata civilmente ma dalla quale si separerà proprio nel 1914, al suo ritorno a Berlino.

Nonostante infatti la sua origine ebraica e una vita turbolenta e politicamente sospetta, nel '14 era stato nominato membro della Accademia, professore universitario (aveva dovuto riprendere la cittadinanza tedesca) e direttore dell'Istituto di fisica di Berlino, il più importante di Germania. Tutti avevano capito che era un genio fin da alcuni suoi lavori pubblicati dieci anni prima, tra cui quello che gli sarebbe valso il Nobel, nel '21. Ma questa "teoria della relatività generale", l'oggetto delle sue prime lezioni tedesche, si annunciava come qualcosa di ancora più grandioso. Partiva da una considerazione apparentemente banale, ma invece filosoficamente profonda: la massa del

sasso che mettiamo in moto con un calcio (massa inerziale) e la massa dello stesso sasso quando cade attirato dalla Terra (massa gravitazionale) sono uguali. Semplice no? A questo principio fondamentale, detto di "equivalenza", Einstein aggiunse un secondo principio ("cosmologico"), se possibile ancora più semplice: l'Universo è omogeneo ed isotropo e le leggi della fisica sono le stesse in ogni suo punto. Con principi fondamentali come questi, Einstein costruì le "Fondazioni" (Grundlagen) della relatività generale e le pubblicò l'anno dopo. La prima possibilità di verifica della teoria fu di carattere astronomico: i quanti (di luce), come li chiamava Einstein, dovevano subire la attrazione gravitazionale. Per esempio, la luce di una stella che passasse radente al Sole doveva mostrare una deviazione causata dalla massa del Sole stesso. Era un effetto relativamente facile da misurare, ma si dovette aspettare il 1919 a causa della guerra. Il grande astrofisico inglese A. Eddington eseguì la misura durante una eclisse: la luce della stella prescelta deviava della quantità prevista. Einstein aveva ragione, la teoria della relatività era un successo, anche se ancora oscura. A domanda infatti di un giornalista se fosse vero che solo tre persone al mondo capissero la teoria di Einstein, il borioso Eddington

rispose: «Ah sì? E chi è il terzo?». Poco più di mezzo secolo dopo, lo stesso effetto fu misurato su distanze cosmologiche, con la famose "lenti gravitazionali", cioè immagini di galassie lontane distorte e talvolta moltiplicate da una galassia vicina, quasi perfettamente allineata rispetto all'astronomo. Sembra improbabile, ma succede: le galassie dell'Universo visibile sono più di cento miliardi... La deviazione avviene perché, secondo la equazione più famosa del mondo, $E=mc^2$, l'energia dei quanti di luce equivale a una massa e subisce perciò l'attrazione gravitazionale. Nei casi patologici delle stelle di neutroni, superdense, la luce emessa esce "stanca", cioè con energia minore, proprio per aver dovuto vincere l'attrazione gravitazionale. Nel caso estremo del buco nero, la massa è ancor più concentrata e la luce non riesce proprio ad uscire, e per questo si chiama "nero". Cosa resta da scoprire in cielo per il centenario della teoria di Einstein? Senza dubbio le onde gravitazionali, da lui previste ma osservate finora solo indirettamente in strane coppie di stelle di neutroni. Quando una stella esplosa, o quando due stelle si fondono una nell'altra, lo spazio circostante è perturbato da onde capaci di interagire con la materia. È sicuro che ci siano, l'ha detto il grande Alberto, ma sarebbe tanto bello vederle.

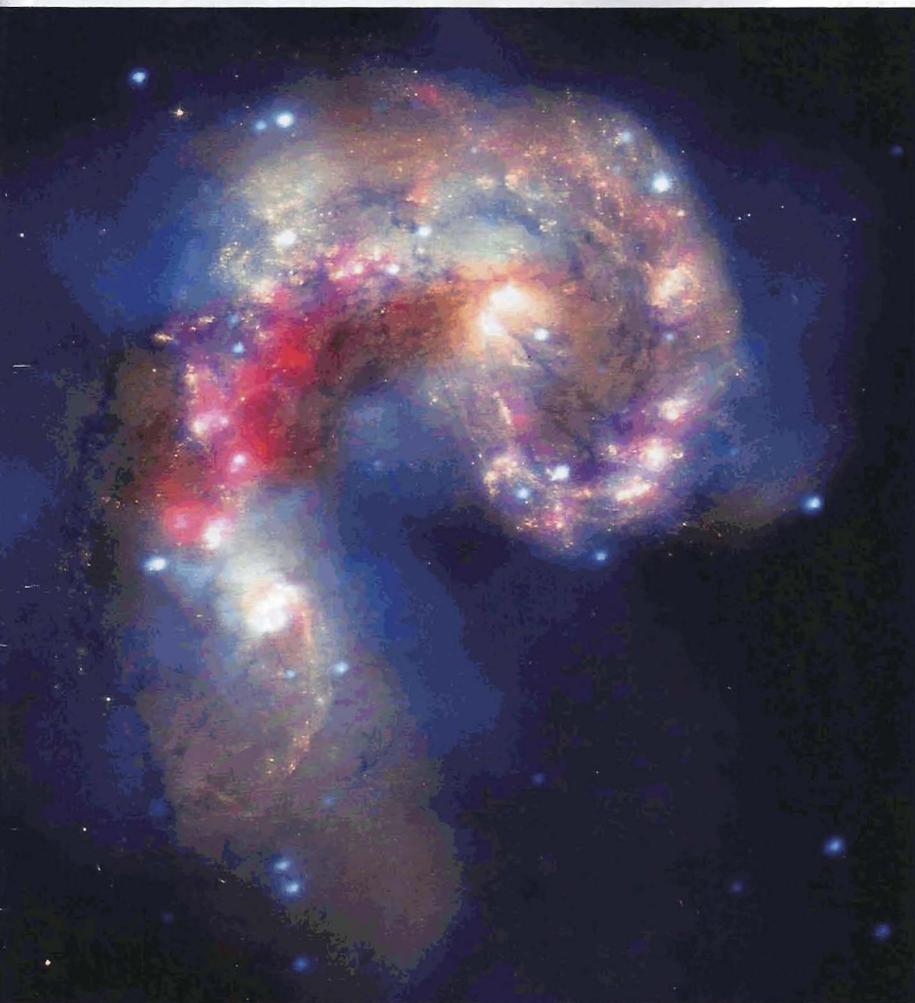


Giovanni Bignami
A destra: le galassie Antenne, a 62 milioni di anni luce dalla Terra

Non c'è modo migliore, per festeggiare i cento anni della relatività generale, che verificare come essa non sia affatto una teoria superata, ma una teoria viva. Che entra nel merito delle questioni aperte.

Quello che forse Einstein non avrebbe immaginato è che, dopo cent'anni, essa sarebbe stata alla base di tecnologie che pervadono la nostra vita quotidiana. Due su tutte. I vecchi televisori con tubi catodici potevano funzionare solo tenendo conto, nella loro progettazione, degli effetti dovuti alla relatività generale. Ma c'è un'applicazione ancora più recente e altrettanto pervasiva: il Gps, il sistema di navigazione satellitare in dotazione alle compagnie aeree così come ai nostri cellulari che consentono, in ogni momento, di calcolare le distanze con una precisione molto elevata, anche di soli pochi metri. Se il Gps non tenesse conto degli effetti di relatività generale, l'errore nel localizzare la pista d'atterraggio o il ristorante preferito potrebbe

Gödel disse che secondo la teoria i viaggi nel tempo erano possibili. Einstein rispose: allora significa che c'è qualcosa di sbagliato



Anche il Gps è "relativo"

Il Global Positioning System (Gps) non funzionerebbe se non conoscessimo la relatività generale (e la relatività speciale). Con i suoi 26 satelliti posti in orbita a un'altezza di circa 20.000 chilometri, di cui almeno 4 sempre visibili da ogni punto, il Gps copre l'intera superficie della Terra ed è in grado di localizzare la posizione di un qualsiasi oggetto con grande precisione, grazie agli orologi atomici collocati su ciascuno dei satelliti.

Questa precisione può essere ottenuta, tuttavia, solo se si tiene conto di due effetti previsti dalla relatività generale, la velocità satelliti che orbitano nello spazio, la velocità con cui si propagano i segnali radio, i movimenti della Terra stessa. In particolare bisogna tener conto che gli orologi nello spazio "sentono" il campo gravitazionale terrestre in misura minore degli orologi posizionati sulla superficie del nostro pianeta. Il che li porta a segnare un tempo diverso di 45,7 microsecondi al giorno. Se non si tiene conto di questo effetto, l'errore sul posizionamento del segnale da 30 centimetri passerebbe a 15 chilometri.

essere anche di alcuni chilometri. E il Global Positioning System sarebbe pressoché inutile.

Non possiamo prevedere quali saranno i prossimi sviluppi tecnologici dell'applicazione della relatività generale di Einstein. Tuttavia possiamo alimentare alcune speranze che riguardano i nostri viaggi nello spazio e (forse) nel tempo. Per quanto riguarda i primi l'applicazione della relatività generale è tanto scontata quanto necessaria. Se vogliamo andare su Marte, nel calcolare la giusta traiettoria dobbiamo tener conto degli effetti relativistici. Su questo, anche da un punto di vista tecnologico, c'è poco da studiare. Già oggi le sonde che inviamo in giro per il sistema solare navigano tenendo conto della curvatura dello spazio e seguendo, dunque, le leggi della relatività generale.

Molto più avveniristiche - anzi, per ora, del tutto speculative - sono le previsioni dei viaggi nel tempo. La relatività generale non esclude che sia possibile scarrozzare avanti e indietro, tra passato, presente e futuro. Infatti, potenti campi gravitazionali possono (potrebbero) curvare lo spazio tempo fino a creare dei

wormholes (letteralmente buchi di verme), dei cunicoli che potrebbero in maniera più o meno istantanea trasferire un'ipotetica astronave in un'altra parte dello spaziotempo: in un'altra galassia o, anche, in un altro presente, che risulta passato o futuro rispetto al nostro. Diciamo che questi potenti campi gravitazionali esistono e sono quelli prodotti dai "buchi neri", oggetti cosmici previsti dalla relatività generale ed effettivamente rilevati dagli astrofisici.

Non è stata, invece, ancora provata l'esistenza dei *wormholes*. Né tantomeno è stata messa a punto un'astronave in grado di entrarci dentro. Nulla vieta di sperare che in futuro gli uni e l'altra diverranno d'attualità. Ma meglio fare, per ora, esercizio di prudenza. Quel medesimo esercizio di sano scetticismo fatto proprio da Einstein quando Kurt Gödel, considerato con Aristotele il più grande logico di sempre, gli dimostrò che in base alla sua teoria della relatività i viaggi nel tempo sono possibili. Dopo un attimo di riflessione Einstein rispose, secco: e allora significa che nella teoria c'è qualcosa di sbagliato. ■