

# Altre **PULSAR**, altro **NOBEL**

Nel 1974 le pulsar note erano circa 100 e si continuava a scandagliare il cielo. Tutti i radiotelescopi del mondo erano impegnati nella caccia.

Il grande radiotelescopio di Arecibo, nell'isola di Portorico, era (ed è) lo strumento d'elezione del gruppo di Joseph Taylor, allora giovane professore nella piccola Università di Amherst, ora leader indiscusso

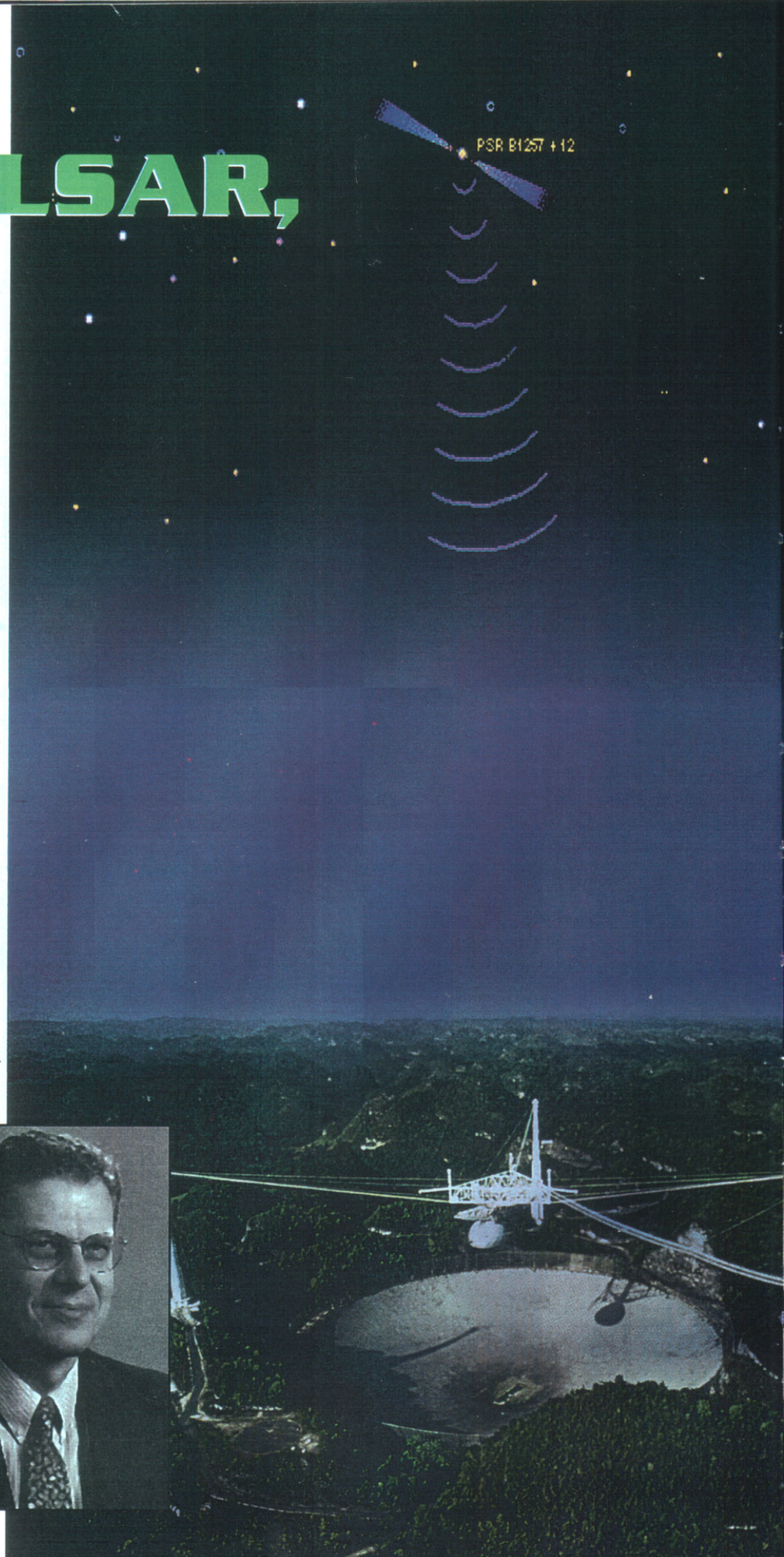
*L'immagine mostra il grande radiotelescopio di Arecibo, sul cui sfondo è stato montato un cielo stellato in cui è indicata, nella costellazione dell'Aquila, la prima pulsar binaria avente come compagna un'altra stella di neutroni. La scoperta, avvenuta nel 1974, permise di verificare l'emissione di onde gravitazionali dalla coppia di stelle, come previsto dalla teoria della relatività generale, e fruttò agli scopritori, Joseph Taylor e Russell Hulse, il premio Nobel per la fisica nel 1993.*



Russell  
Hulse



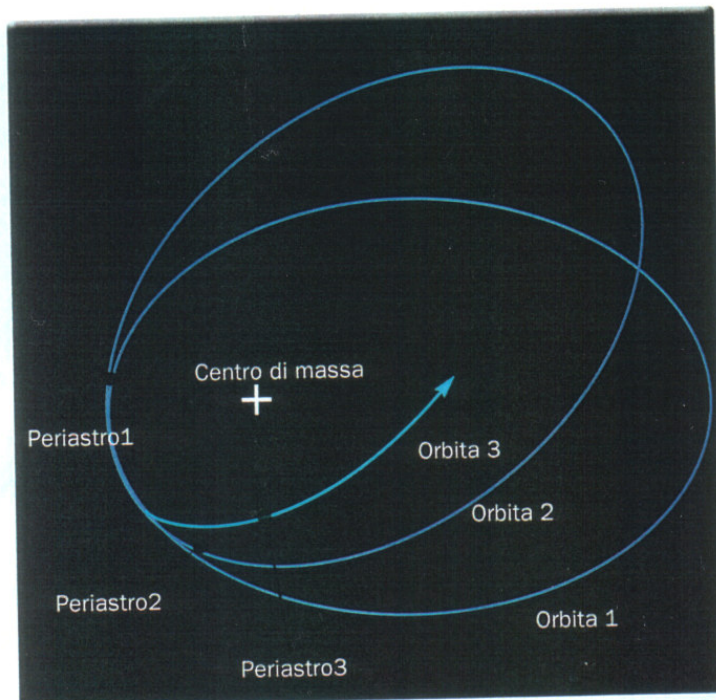
Joseph  
Taylor



nella più prestigiosa Princeton. Scopo della ricerca era trovare nuove pulsar da aggiungere alla lista. Le osservazioni e l'analisi sarebbero state seguite da uno studente di Taylor, Russell Hulse.

La PSR 1913+16 risultò subito un caso fuori dalla norma. Rivelata con un certo valore del periodo, la pulsar spariva nelle osservazioni successive che andavano automaticamente a cercare gli oggetti già noti, assumendo che emettessero con periodo costante. Hulse, però, non poteva lasciarla perdere perché si trattava di una pulsar con periodo di soli 59 ms, che sarebbe stata seconda in velocità solo alla pulsar del Granchio. Dopo aver corretto diverse volte il valore del periodo nelle sue note, Hulse cominciò a sospettare che fosse una pulsar in un sistema binario. Non se n'erano mai trovate, ma perché non sognare? Hulse modificò i programmi di ricerca automatica per andare a misurare il periodo istantaneo e scoprì che questo variava molto rapidamente a causa dell'effetto Doppler introdotto dal moto orbitale. Si costruì così la curva della velocità radiale, dalla quale si deduceva che la pulsar si muoveva a un milionesimo della velocità della luce su un'orbita eccentrica con periodo di 7 ore e tre quarti e dimensioni paragonabili a quelle del nostro Sole. Periodo orbitale e dimensioni dell'orbita sono i parametri kepleriani necessari per stimare la somma delle masse dei due corpi del sistema. Fissando poi la massa della pulsar al valore "canonico" di 1,4 masse solari (il limite di Chandrasekhar, il massimo valore consentito per la massa di una nana bianca), otteniamo che la massa della stella compagna si situa nell'intervallo tra 1 e 2 masse solari, in funzione dell'inclinazione dell'orbita del sistema. Viste le dimensioni ridottissime dell'orbita, la compagna non può certo essere una stella normale: occorre che sia un'altra stella di neutroni!

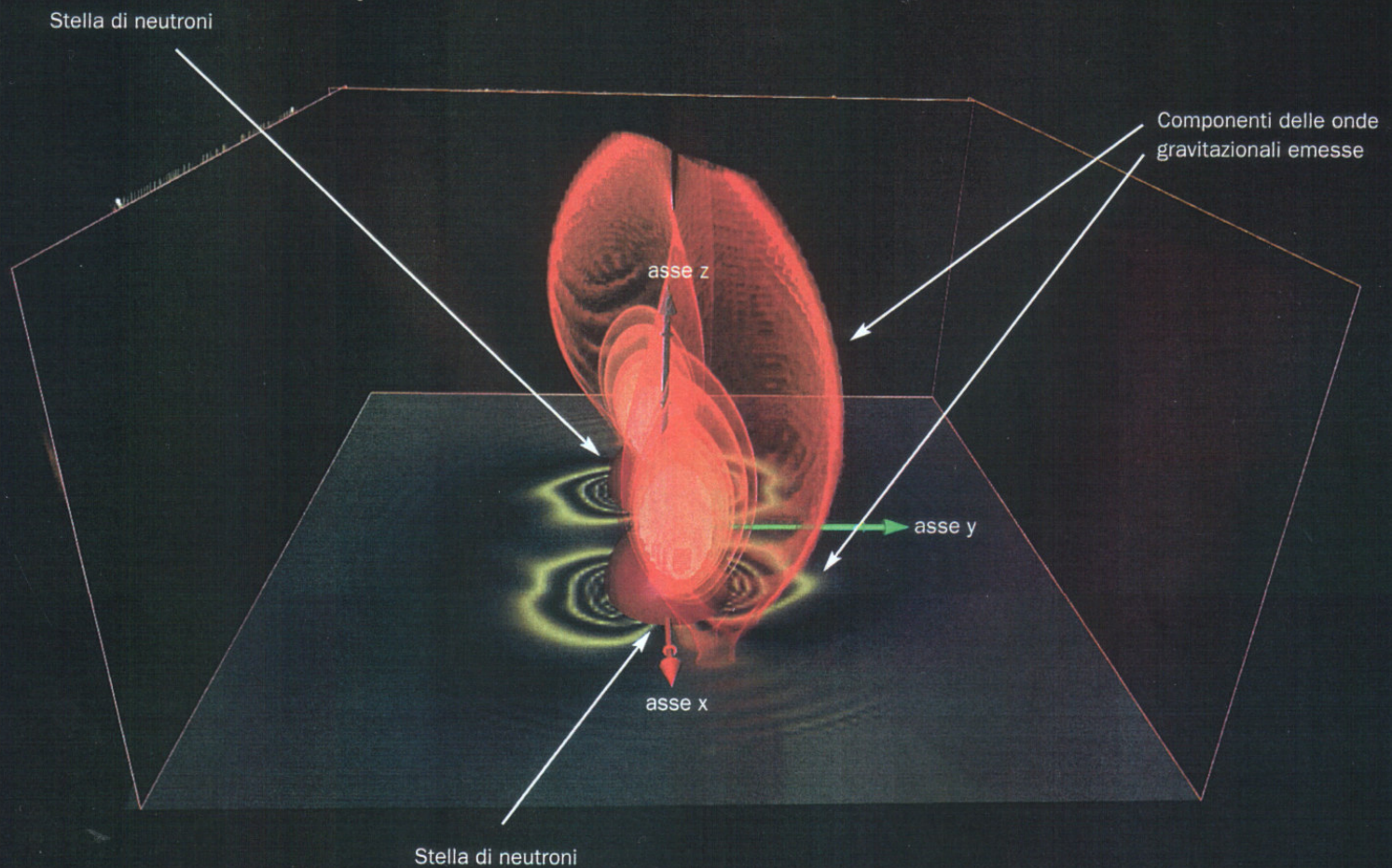
Studente e professore capirono subito che un'orbita del genere doveva mostrare in modo macroscopico alcuni effetti della relatività speciale e generale. Effetti che, però, sarebbero stati difficili da misurare se la PSR 1913+16 fosse stata una pulsar "turbolenta" con irregolarità nel periodo o un forte tasso di rallentamento. Fortunatamente la PSR 1913+16 è un ottimo orologio, con un periodo corto e stabile e anche il suo tasso di rallentamento è molto piccolo. Le due caratteristiche combinate permettono di raggiungere accuratezze straordinarie nel-



le misure temporali e sette anni di osservazioni continuative hanno così fornito il valore dell'avanzamento del periastro, la misura precisa della massa delle due componenti e la prova indiretta dell'esistenza delle onde gravitazionali.

La misura dell'avanzamento del periastro di Mercurio fu il primo test della teoria della relatività generale. La magnitudine dell'effetto dipende dal valore del campo gravitazionale lungo l'orbita. Mentre per Mer-

*Illustrazione dei due principali effetti previsti dalla teoria della relatività generale per una coppia stretta di stelle compatte. Nel disegno in alto è mostrato l'avanzamento del periastro, che nella PSR 1913+16 è di  $4^{\circ},2$  all'anno; nell'altro disegno è illustrato il progressivo restringimento dell'orbita, dovuto all'emissione di onde gravitazionali.*



curio l'avanzamento è di 43 secondi d'arco al secolo, per la PSR 1913+16, appartenente a un sistema molto più compatto e massiccio, è di  $4^{\circ},2$  all'anno. Questa misura è molto importante poiché nel caso in cui non ci siano effetti di marea (difficili da immaginare in un sistema formato da due stelle supercompatte) l'avanzamento del periastro fornisce una misura della massa totale del sistema binario, che risultò di 2,8 masse solari. Misure di precisione su un effetto Doppler del secondo ordine permettono di calcolare le singole masse delle due componenti che risultano 1,43 e 1,40 masse solari. Si tratta, tra l'altro, di una conferma precississima del lavoro teorico di Subrahmanyan Chandrasekhar che aveva calcolato proprio in 1,4 masse solari la massa limite, al di sopra della quale una stella collassata non può stabilizzarsi come nana

bianca, ma solo come stella di neutroni. La relatività generale predice che un sistema di questo tipo emetta energia sotto forma di onde gravitazionali. La perdita di energia viene compensata con un rimpicciolimento dell'orbita, con conseguente diminuzione del periodo. Avendo in mano tutti i parametri orbitali e le masse delle componenti del sistema binario, possiamo calcolare il tasso di decadimento dell'orbita dovuto all'emissione di onde gravitazionali: il valore teorico e quello misurato coincidono entro gli errori osservativi. Il decadimento dell'orbita comporta, tra l'altro, uno slittamento della fase orbitale. È la prova più tangibile che abbiamo fino ad ora dell'esistenza delle onde gravitazionali. Per aver scoperto un meraviglioso laboratorio della relatività generale, Russell Hulse e Joseph Taylor vennero insigniti, nel

*Il processo di emissione di onde gravitazionali da una coppia di stelle di neutroni non è ancora perfettamente compreso nei dettagli. Le osservazioni della pulsar PSR 1913+16 sono un importante banco di prova per i modelli matematici sviluppati per simulare il fenomeno, come quello da cui è tratta questa immagine. Le due stelle sono rappresentate dalle due sfere rosse, mentre in giallo sono rappresentate le componenti delle onde gravitazionali sul piano orbitale e in bianco e rosso quelle in direzione ortogonale.*

1993, del Nobel per la Fisica. Questa volta si decise di premiare il professore e lo studente, nonostante Hulse avesse da tempo abbandonato l'astrofisica.