

INTEGRAL CATTURA IL COBALTO nello spettro della SN2014j

Il satellite INTEGRAL ha rivelato le righe del decadimento dell'elemento radioattivo nella stella esplosa lo scorso gennaio nella galassia M82. Una osservazione importante a conferma che la sintesi degli elementi pesanti avviene in questi eventi catastrofici

Mentre leggevo l'articolo sulla rivelazione in gamma delle righe del decadimento del cobalto dalla supernova 2014J da parte degli strumenti SPI e IBIS a bordo del satellite INTEGRAL dell'Agenzia Spaziale Europea, ho provato una grande soddisfazione. Finalmente, a 12 anni dal lancio, INTEGRAL ha avuto la possibilità di dimostrare a fondo le sue potenzialità.

Rivelare le righe prodotte dal decadimento radioattivo degli elementi sintetizzati nell'esplosione di una supernova, il processo che fornisce l'energia che fa brillare tutte le supernove, è sempre stato uno dei *driver* scientifici della missione INTEGRAL. Per anni, durante le riunioni della collaborazione internazionale impegnata nella costruzione dello spettrometro SPI (ma sono sicura che i colleghi che hanno lavorato ad IBIS potrebbero dire lo stesso) abbiamo fatto simulazioni per avere idea di cosa ci si potesse aspettare di vedere da una supernova.

La conclusione era sempre la stessa: per avere delle reali possibilità di successo dovevamo augurarci che l'esplosione avvenisse nel nostro vicinato cosmico. Poco importava che fosse una supernova di tipo I – dovuta all'esplosione di una nana bianca che ha superato il limite di Chandrasekar grazie alla “donazione” di materia da parte della compagna in un sistema binario – oppure di tipo II, e quindi prodotta dall'esplosione di una stella molto più massiva del Sole che, terminato il suo combustibile, non è più in grado di autosostenersi.

In entrambi i casi si creano le condizioni perché avvenga la nucleosintesi esplo-



M82, la “galassia sigaro” nella costellazione dell’Orsa Maggiore con la supernova SN2014J.

siva che, alla fine, produce il nichel 56 (28 protoni e 28 neutroni), un isotopo instabile destinato a decadere, trasformandosi in cobalto 56 (27 protoni e 29 neutroni), con un tempo di dimezzamento di 6 giorni. Anche il cobalto 56 è instabile e, con un tempo di dimezzamento di 77 giorni, diventa ferro 56 (26 protoni e 30 neutroni), l'elemento stabile che tutti conosciamo.

Il decadimento del cobalto produce due fotoni gamma rispettivamente a 847 e 1238 keV, esattamente nella regione dei raggi gamma “molli”, ai quali è sensibile il rivelatore SPI. La presenza di fotoni di

una determinata energia fa sì che nello spettro della sorgente, sopra l'emissione continua, siano presenti delle righe. Sono queste le firme che permettono a INTEGRAL di vedere in diretta la nascita del ferro ad opera di una supernova, l'unica sorgente di ferro del nostro universo.

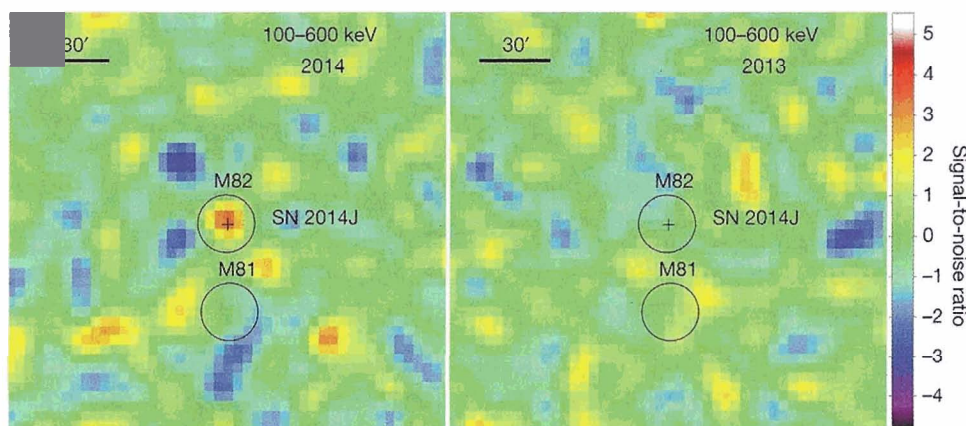
Le righe del decadimento del cobalto erano già state viste circa 25 anni fa, qualche mese dopo l'esplosione della celeberrima supernova SN1987A, una supernova di tipo II, risultato della distruzione di una stella massiva nella Grande Nube di Magellano (v. “*le Stelle*” n. 103, pp. 38-43). La misura era stata fatta da strumenti a bordo

di palloni stratosferici, dal momento che nessuno strumento gamma era operativo in orbita in quegli anni. Nessuna misura è invece disponibile per le supernove di tipo I.

Lanciato nel novembre 2002, INTEGRAL aspettava con pazienza la sua supernova. L'occasione si è presentata il 21 gennaio 2014 quando, durante una sessione di osservazione del laboratorio di astronomia, Steve Fossey e i suoi studenti dell'University College di Londra si sono resi conto che si era accesa una stella nella galassia M82, ad "appena" 3,5 Mpc di distanza dalla Terra.

Dopo la rivelazione accidentale, lo spettro ha mostrato che si trattava di una supernova di tipo Ia, la più vicina al Sole negli ultimi 40 anni. "Ora o mai più" devono essersi detti i colleghi di INTEGRAL che hanno osservato la supernova per quattro mesi dalla fine di gennaio alla fine di aprile e poi per tutto il mese di giugno.

La lunghezza dell'osservazione è dovuta all'incertezza nella stima del momento migliore per rivelare l'emissione gamma. Nel periodo immediatamente successivo all'esplosione la sfera di gas che si espande è ancora densa e i fotoni gamma prodotti dal decadimento non riescono a uscire per cominciare il viaggio che li porterà fino a noi. Bisogna lasciare passare un po' di tempo per dare modo all'espansione di



L'immagine, frutto del confronto di dati presi per 50 giorni nel 2013 (prima dell'esplosione della SN2014j) e nel 2014, per un analogo periodo di tempo, mostrano chiaramente una sorgente in corrispondenza della posizione di M82.

diluire la materia e permettere il passaggio della radiazione gamma. D'altro canto, non si può aspettare troppo perché ogni 77 giorni la quantità di cobalto pronto a decadere emettendo le righe che vogliamo vedere si dimezza, rendendo più debole l'emissione.

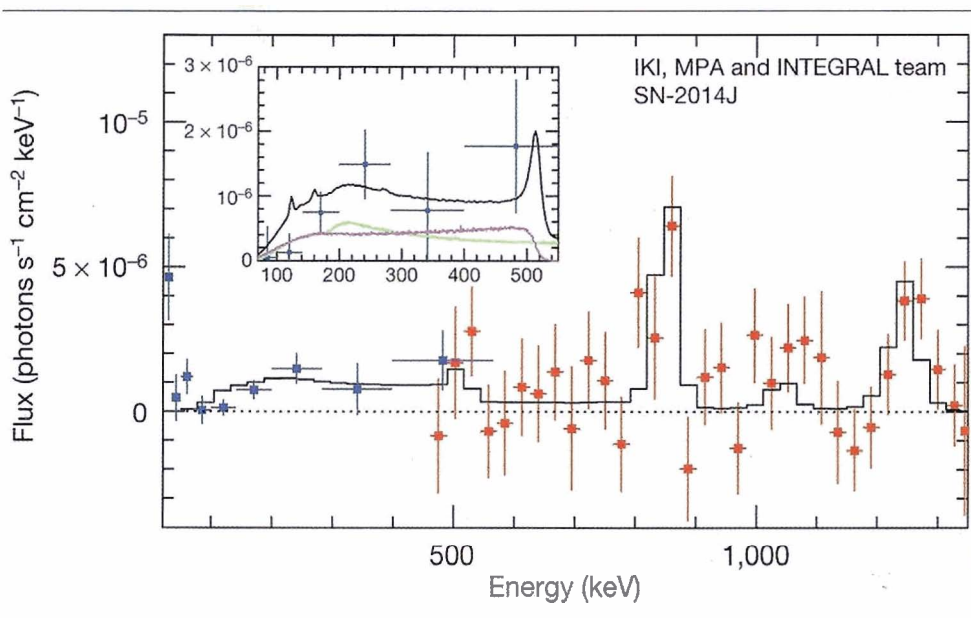
Alla fine, è stato scelto l'intervallo di tempo compreso tra 50 e 100 giorni dopo l'esplosione. Un confronto tra i dati raccolti da IBIS nei 50 giorni del 2014 e un analogo periodo nel 2013 (v. figura in alto) mostra che nel 2014 è presente una sorgente in corrispondenza della posizione di M82. Combinando i dati IBIS (in blu) e SPI (in

rosso) si è ottenuto uno spettro che mostra chiaramente le righe del cobalto (v. figura in basso). Le righe sono decisamente più larghe della risoluzione spettrale dello strumento, segno che sono prodotte da un mezzo in movimento. Dall'allargamento si può calcolare la velocità di espansione che risulta essere di 10.000 km/s +/- 3000. Le righe sono così chiare che è possibile costruire delle immagini selezionando solo i fotoni nell'intervallo di energia interessato. La sorgente emerge ancora seppure le immagini abbiano una limitata risoluzione angolare. Non bisogna dimenticare che SPI è uno spettrometro e non un imager come IBIS.

Il flusso gamma registrato permette anche di risalire alla quantità di nichel responsabile dell'emissione. Avendo a che fare con un mezzo di opacità incerta, ma sicuramente non nulla, le stime puntano all'intervallo tra 0,4 e 0,6 masse solari, un valore perfettamente compatibile con quello che ci si aspetta dall'esplosione di una nana bianca.

Non ci sono dunque sorprese nella rivelazione di INTEGRAL delle righe del cobalto nella SN2014J ma ciò non toglie che si tratti di un risultato veramente importante. Non è necessario stupire per entrare nella storia dell'astrofisica. Grazie ad INTEGRAL, oggi abbiamo la gradevole conferma che tutto quello che abbiamo pensato per decenni sull'esplosione delle supernove di tipo Ia ha una base solida.

Patrizia Caraveo



Lo spettro combinato dei dati di IBIS (in blu) e di SPI (in rosso) evidenzia la presenza del cobalto.