



08.04.2017. A les 19:00. Museu Darder de Banyoles.

Nanda Rea, Institut de Ciències de l'Espai, CSIC-IEEC, Barcelona. Anton Pannekoek Institute, University of Amsterdam

Xerrada: "El universo más explosivo: agujeros negros y estrellas de neutrones"

Nanda Rea és física, especialista en magnetars, un tipus d'estrelles de neutrons amb un fortíssim camp magnètic, els imants més extrems de l'univers. Aquesta tarda ens parlarà de l'evolució de les estrelles que, un cop mortes, es poden transformar en nanes blanques, estrelles de neutrons o forats negres i de les explosions estel·lars que, encara que es produeixin molt lluny, es poden veure i fins i tot, deixen sentir els seus efectes a la Terra, a l'atmosfera o a les comunicacions.

En la formació d'una estrella actuen dues forces que determinen la seva grandària i el temps que arribarà a viure: la gravetat i la pressió deguda a la producció d'energia per fusió nuclear. La gravetat tendeix a fer col·lapsar l'estrella sobre sí mateixa i la pressió tendeix a fer-la explotar. Al nucli de l'estrella, les reaccions nuclears de fusió van produint els diferents elements de la taula periòdica, a partir de l'hidrogen i l'heli inicials, fins a arribar al Ferro 56, que és el més estable dels elements. Quan les condicions de massa i temperatura permeten que es generi el Ferro 56, s'arriba al límit del rendiment de la reacció de fusió i l'estrella explota i és en el curs de l'explosió on es generen els elements més pesants que el ferro.

Una estrella mitjana, com el nostre Sol, viu uns 10.000 milions d'anys, passa per la fase de geganta vermella i acaba transformada en una nana blanca. Una nana blanca, quan es troba en un sistema binari (dues estrelles juntes) per exemple, pot anar disminuint de volum i alhora augmentant de massa fins que explota en forma de supernova tipus IA. La lluminositat d'aquestes supernoves ha permès recentment la mesura de l'expansió de l'univers, el que va suposar la concessió del premi Nobel de 2011 a Adam Riess, Saul Perlmutter i Brian Schmidt.

Una estrella que tingui una massa entre 8 i 15 vegades el Sol viu molt més, entre 10 i 20 mil milions d'anys, i segueix una evolució diferent. Pot transformar-se en una estrella de neutrons que pot arribar a explotar en forma de supernova tipus II o Ib,c. Una estrella de neutrons amb uns 10 km de radi tindria una massa d'1,5 vegades la massa del Sol i una cullereta de la seva matèria tindria el pes de la Terra. El seu interior, de gran densitat, conté un superfluid format per neutrons i un superconductor format per protons, que generen un camp magnètic milions de vegades el camp magnètic de la Terra.

Una estrella de neutrons vista des de fora és un púlsar, amb un camp magnètic molt intens i emetent una radiació a intervals regulars. D'una forma molt gràfica, Nanda Rea diu que un púlsar és com una antena de TV que la fem girar amb la mà. La intensitat del camp magnètic del púlsar és funció del període de gir i aquest és tan constant, que són els rellotges més precisos de l'univers, podent arribar a una precisió de 17 dígits en la mesura del temps. Un púlsar que forma part d'un sistema binari genera un disc d'acreció al seu voltant i emet radiació X. Un sistema binari de dos púlsars girant un al voltant de l'altre generen ones gravitacionals detectables i representen una forma de comprovar la teoria de la Relativitat General. El descobriment dels púlsars binaris va suposar el

premi Nobel de física de 1993 per Russell Hulse i Joseph Taylor.

Comparant diferents camps magnètics amb el de la Terra al Pol Nord, 1 Gauss (G), un imant comercial té 100 G, l'imant d'un aparell de ressonància magnètica d'un hospital té 10.000 G, el camp magnètic més intens aconseguit en un laboratori és de 10 milions G i el camp magnètic d'un púlsar és de 10 bilions G. I després estan els magnetars, que són encara imants més intensos. Els magnetars són púlsars però amb el camp magnètic tort i enrotllat al voltant de l'eix de rotació. Les explosions provocades per els magnetars són més potents que les provocades per els púlsars. Les accions dels magnetars tenen efecte, per exemple, sobre la ionosfera de la Terra. Nana Rea cita l'efecte d'un magnetar del 27 de desembre de 2004, en el que la ionosfera va oscil·lar amb la mateixa freqüència que el període del magnetar.

Una estrella amb una massa superior a 20 vegades la massa del Sol explota en forma de supernova tipus II o Ib,c i forma un forat negre. Un forat negre és una regió de l'espai-temps en la que una gran concentració de massa al seu interior, provoca un enorme augment de densitat que genera un camp gravitatori tan intens que fa que la velocitat d'escapament sigui major que la velocitat de la llum.  $R_s$  (radi de Schwarzschild) és el radi d'un forat negre per a qualsevol massa. Així, la massa de la Terra concentrada en un radi de 9 mm seria un forat negre, o també la massa del Sol concentrada en un radi de 2 km.

Com se sap que hi ha un forat negre si no es pot veure, ja que la llum no pot sortir d'ell? Doncs per els efectes que es noten al seu voltant, com per exemple, el disc d'acreció de matèria. Hi ha forats negres de massa entre 3 i 10 vegades la massa del Sol, que es formen per explosions de supernoves d'estrelles d'alta massa. Es detecten quan estan en sistemes binaris, per els efectes que provoquen en l'altra estrella. D'aquest tipus es coneixen uns 20 a la nostra galàxia. Hi ha forats negres en el centre de les galàxies amb una massa milions de vegades la massa del Sol; tenen un gran disc d'acreció i moltes estrelles massives al seu voltant; fent mesures del moviment de les estrelles es pot determinar la massa del forat negre.

Unes darreres dades sobre les explosions a l'univers i l'energia involucrada. Segons la coneguda fórmula d'Einstein  $E = m \cdot c^2$ , una bomba nuclear equival a la massa d'un pistatxo, una supernova equival a la massa de 400.00 Terres. Els magnetars emeten en 1 minut la mateixa energia que emet el Sol en 150.000 anys.

Acaba la magnífica exposició sobre l'univers més explosiu amb els aplaudiments seguits de les preguntes dels assistents .

Nota al marge:

Al programa Sopa d'Estrelles de ràdio Banyoles vam parlar de Nana Rea el 17 de febrer de 2016. Veure-ho a <http://www.deciencia.net/descobriments/?p=959>