



Tardes de Ciència

Dr. Jordi Isern. Astrofísic.

“Origen dels elements químics i la mort de les estrelles”

Museu Darder de Banyoles. 5 d'octubre de 2019. 19:00.

El fundador de l'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (IEEC) a l'any 1988, ens comença explicant la composició del cosmos, un 73% d'energia fosca, un 22% de matèria fosca, un 4,4% de matèria normal, la bariònica, i un 0,6% de neutrins.

Ens comenta els quatre elements bàsics de la natura, definits ja per Aristòtil, que es poden veure al volcà Stromboli, foc, terra, aigua i aire. Més un cinquè que seria l'èter. Això es va creure fins el segle XVIII en que es van començar a identificar elements químics i, al segle següent, es van identificar l'electró i la seva càrrega. També es comença a organitzar la Taula Periòdica, per en Mendeleiev, fa 150 anys. En el fons, construïda segons els nombre de protons i neutrons que tenen els elements químics. Aprofita per a fer un repàs de les 4 forces de la natura.

Explica que en el moment del Big Bang, fa més de 13.700 milions d'anys, només hi havia hidrogen i heli, amb una mica de liti, segons el treball d'Alpher, Bethe i Gamow, publicat el 1948.

Es va observar que els nuclis amb nombre atòmic 5 o 8 no eren estables, amb el qual es dificultava la nucleosíntesi per captura de neutrons i/o protons. Aleshores va aparèixer la teoria de la reacció triple alfa i doble alfa, que explicava la reacció de tres nuclis d'heli per donar un nucli de carboni.

Parla de la composició química del cos humà, bàsicament oxigen, hidrogen i carboni, i de la Terra, ben diferent. Del meteorits, que inalterats ens porten informació de la composició de la nebulosa presolar. De les condrites carbonàcies, esferules contingudes dins dels meteorits, que són molt primitives. També es troben molts compostos orgànics no modificats.

Estudiant la composició dels elements d'avui en dia al sistema solar, es veu que de ferro hi ha molt, però que després cau exponencialment la proporció dels elements superiors. Explica com van pujant, capturant protons i neutrons i, després descomposant-se, els isòtops, en elements més estables. Així van pujant en forma de dents de serra. Comenta que no totes les estrelles tenen igual composició. L'abundància còsmica del 75% d'H i el 25% d'He reflecteix l'estabilitat nuclear.

L'energia de lligam entre els àtoms és important, així el ferro és el que necessita més energia per trencar-lo i formar nous àtoms des de l'hidrogen. Per formar-lo, cal trencar la repulsió elèctrica des de l'urani 92. És la barrera de Coulomb. Per passar del ferro cal bombardejar el nucli amb neutrons o protons, hi ha tres formes de fer el procés, S-R-P.

El procés S (lent) consisteix en bombardejar amb neutrons, és una captura lenta, després cal fer una desintegració beta. El procés R (ràpid) consisteix en bombardejar el nucli amb molts neutrons sense deixar-li oportunitat a que es desintegri, així va agafant més

neutrons i va pujant dins la taula periòdica. Arriba un moment en que fa una desintegració i s'estabilitza.

El 1952 en Merrill, des de Mt. Wilson, va trobar una estrella amb tecneci, confirmant que aquest procés era vàlid. A la supernova 2014J-SN a M82 es va trobar cobalt.

A la nebulosa d'Orió, estudiada en visible i infrarroig, es veu que es formen estrelles. Hi ha núvols estables, on les dues forces, la gravitatòria que concentra i la pressió que dispersa s'enfronten. Quan guanya la gravitatòria es forma una estrella. Una ona de xoc, provocada, per exemple, per l'explosió d'una supernova, permet que la gravetat guanyi. Això ocorre als Pilars de Déu. Quan un núvol de gas col·lapsa, com que està en moviment de rotació, tendeix a formar un disc que es fragmenta i apareixen les estrelles. Ens mostra un diagrama HR on es mostra la posició de les diverses famílies d'estrelles.

Les estrelles són boles de gas en equilibri hidrostàtic, si perden energia es contrauen i si en guanyen es dil·laten.

L'energia del Sol es pensava, fa anys, que el seu origen era gravitatori o tèrmic, però això li donava un origen de fa pocs milers d'anys, i s'havia trobat, gràcies al fòssils, que l'edat de la Terra era superior. Fet confirmat per la radioactivitat, uns 4,2 mil milions d'anys. Així que faltava una font externa d'energia al Sol. Era la combustió nuclear, el pas de: H-He-C-Ne-O-S.

L'estructura d'una estrella és com el d'una ceba, va per capes. A una estrella supergegant vermella el ferro es desintegra per massa temperatura i les capes d'àtoms s'enfonsen sobre sí mateixos fins al nucli, on es forma una estrella de neutrons (tots els protons s'han transformats en neutrons). El nucli implosiona i, com efecte rebot, s'obté una supernova, que escampa el residu. Com exemples, cita la SN1987 i Cas A.

Ara entra a parlar del Sol, una estrella que es troba a mitja vida, que passarà a ser una supergegant vermella i explotarà deixant una nebulosa planetària i una nana blanca com residu central. Va néixer fa 4.500 milions d'anys. D'aquí a 800 milions d'anys haurà pujat tant la temperatura al planeta, per culpa de l'esponjament del Sol, que s'evaporarà tota l'aigua. Ens transformarem en un planeta similar a Venus.

A continuació mostra altres exemples de nebuloses planetàries i nanes blanques. Finalment entra a parlar dels electrons i de com estan distribuïts a dins dels àtoms, que tenen una propietat coneguda com *spin*, i que això els limita en quan a l'espai que poden ocupar, degut al *Principi d'exclusió de Pauli*. Els electrons, per molt calents o excitats que estiguin, no poden moure's a velocitats superiors a la velocitat de la llum. Quan arriben prop d'aquesta velocitat, segons la massa que poseeix l'estrella, aquesta es torna inestable i explota. Això els hi passa a les que tenen una massa superior a 8-9 masses solars que exploten i expulsen materials a l'espai, són les supernoves, que tenen com residu una estrella de neutrons o un forat negre. Les més petites expulsen només una nebulosa planetària i una nana blanca, com faria el nostre Sol.

Introdueix el terme de sistemes jeràrquics entre estrelles, de sistemes binaris interactius que es transfereixen massa, o bé, explosions nuclears degut a xoc entre nanes blanques. En aquestes explosions de supernoves es produeix la majoria del ferro que tenim a l'univers.

Quan el xoc participen estrelles de neutrons, xocant entre elles, o bé amb un forat negre, o xocant dos entre sí, es quan es produeixen els elements superiors al ferro, com podria ser l'or. Això ha estat confirmat després de la detecció d'ones gravitacionals que han permès observar la senyal electromagnètica per a confirmar-ho, via LIGO i els satèl·lits Fermi i Integral.

En resum, *Som pols d'estrelles* (Carl Sagan) o, millor dit, som el resultat dels residus nuclears de les estrelles.

Veure vídeo. <https://youtu.be/OY5RKVrxynk>

