



astrobanyles

agrupació d'astronomia i ciència del pla de l'estany

Tardes de Ciència

09.10.2021 a les 19:00. Museu Darder.

Conferenciant: Tomás Andrade, astrofísic de la UB.

Xerrada: El sueño va sobre el tiempo: Agujeros negros y ondas gravitacionales

Primera xerrada de la temporada de Tardes de Ciència, amb restriccions d'aforament i mascaretes, però podent ser feta amb un format similar a les d'abans de la pandèmia. Tomás Andrade comença parlant de la revolució que va suposar a la física la primera detecció el 2016 de les ones gravitacionals (OG), una predicció de la teoria de la relativitat general que el propi Einstein considerava que no podria ser comprovada per la baixa intensitat de les OG. Les OG són una vibració del propi teixit del cosmos, l'espai-temps i, per il·lustrar-les, Andrade posa la cançó del «cantaor» flamenc Camarón «La leyenda del tiempo»:

«El sueño va sobre el tiempo
flotando como un velero . . .»

L'11 de febrer de 2016, la dansa de dos forats negres situats en una galàxia llunyana fa 1.300 milions d'anys, es va percebre en forma d'OG detectades per els observatoris del projecte LIGO situats a Hanford i Livingston, Estats Units. Les gràfiques mostren la deformació, strain és la paraula anglesa que utilitza Andrade, que van provocar les OG en l'espai-temps, d'un ordre de magnitud de 10^{-21} durant uns 0,45 segons. El fet que als dos observatoris es detectés la mateixa senyal era prova de que no es tractava d'un fenomen local. Andrade mostra també la mateixa deformació en l'escala de freqüència i en fa sentir el so de l'univers vibrant fa 1.300 milions d'anys. Per estudiar els xocs de forats negres, fa dos anys es va fer una simulació en un superordinador analitzant el fenomen en 6 dimensions, 5 espacials i 1 temporal i es va observar que donava lloc finalment a una estructura fractal.

Què vibra quan es transmet un OG?, es pregunta Andrade. Per respondre, es remunta a la teoria de la gravitació de Newton d'interacció entre dues masses amb la que, afirma, es pot arribar a la Lluna. Einstein fa un pas més enllà i es demana com s'adona una massa si es mou l'altra, o com influeix la massa sobre la llum. Per Einstein, els actors principals de la gravitació són l'espai i el temps: en presència d'objectes massius, l'espai i el temps es deformen, el que implica que són entitats dinàmiques que poden vibrar. Això és el que vibra quan passa una OG, l'espai i el temps, o dit amb un únic concepte, tret de la teoria de la relativitat, l'espai-temps.

Què produeix les OG?, es torna a preguntar Andrade. Resposta: totes les masses que acceleren. La forma de quantificar una OG és, per exemple, el strain, que és la relació entre el canvi d'una longitud en l'espai i la pròpia longitud. Strain és adimensional i és directament proporcional a la massa que el produeix i inversament proporcional a la distància a la que es troba aquesta massa. Si l'estrella alfa-Centauri es mou el gruix d'un cabell humà, es produeix un strain de 10^{-27} . Si soms capaçs de mesurar aquest efecte podrem reconèixer les OG.

Detecció d'una OG. Els científics Rainer Weiss, Barry C. Barish, Kip S. Thorne van rebre el Nobel de física de 2017 per haver detectat l'any anterior per primera vegada les OG. El van aconseguir amb el projecte LIGO, que va tardar en desenvolupar-se 50 anys i que consisteix bàsicament en un interferòmetre làser amb dos braços de 4 km de longitud. Actualment hi ha una xarxa de detectors

en diferents parts del món: LIGO, VIRGO, GEO, KAGRA, i està en projecte LISA, un detector a l'espai. Combinant l'observació de diferents detectors es pot assegurar que la pertorbació observada és una OG i no un fenomen local i també es pot detectar la seva direcció de propagació. Les OG són l'eina per una nova forma de percebre el cosmos amb la que s'espera avançar en la compressió de l'origen de les estrelles binàries, les col·lisions d'estrelles de neutrons, les supernoves i el fons còsmic que procedeix del Big Bang.

Forats negres. Andrade posa exemples de la curvatura que provoquen en l'espai-temps diferents objectes com el Sol, una nana blanca o una estrella de neutrons. Cadascun d'aquests objectes provoca una curvatura major de l'espai-temps degut a la seva major massa. Un objecte encara més massiu pot arribar a trencar l'espai-temps, donant lloc al que en física s'anomena una singularitat. Això és un forat negre, una singularitat, en la que les equacions de la física deixen de tenir sentit. Durant molt temps es va pensar que els forats negres eren només un artefacte matemàtic. Però el 1965, els físics Stephen Hawking i Roger Penrose van concloure que els forats negres són genèrics, no són un artefacte matemàtic, sinó que són objectes reals predits per la teoria de la relativitat general. El 1969 Roger Penrose fa la que s'ha anomenat «conjectura de censura còsmica», segons la qual els forats negres han de tenir un horitzó que protegeixi o aïlli la singularitat de l'espai que té al voltant. Per les seves conclusions sobre la natura dels forats negres, Roger Penrose va rebre el Nobel de física de 2020.

Estudiant models de forats negres de més de tres dimensions en superordinadors, s'obtenen resultats que indiquen que la gravetat disminueix ràpidament amb l'augment de dimensions o que els horitzons es poden trencar, donant lloc a un forat negre que no està cobert per un horitzó. Mitjançant la gravetat quàntica es veu que quan es trenca una «corda negra» s'obté un fractal. Igual que una gota de fluid que cau es pot trencar en gotes més petites, l'horitzó d'un forat negre es pot trencar d'una manera similar. Els físics esperen demostrar que, als igual que en els fluids, la forma com es trenca l'horitzó d'un forat negre és universal.

La sessió acaba amb nombroses preguntes dels assistents que volen encara més detalls del que es coneix actualment d'OG i forats negres.