

06/2014

## ¿Por qué la expansión del Universo es acelerada?



En la década de 1930 se constató que la distancia entre las galaxias aumenta, y a finales del siglo pasado se observó que el ritmo de expansión del Universo también. Este hecho sigue planteando problemas teóricos, y ninguna de las explicaciones planteadas acerca de qué provoca esta expansión goza de consenso general. Sea como sea, el Universo es un sistema macroscópico ordinario que obedece a las leyes de la termodinámica, según las cuales debe tender a un estado de equilibrio, y para ello su expansión ha de ser acelerada.

A comienzos de los años treinta los trabajos de Edwin Hubble, en el aspecto experimental o, si se prefiere, observacional, y de George Lemaître, en su vertiente teórica, pusieron de manifiesto que las distancias entre las galaxias lejanas aumenta, así como la de éstas respecto a nosotros. En otras palabras, que el Universo vive un proceso de expansión. En consonancia con la teoría

de la gravedad de Einstein, éste no ha de entenderse como si las galaxias se desplazaran sino en el sentido de que el espacio entre ellas crece con el tiempo. Por diversas razones, se consideraba que el ritmo de expansión iba decreciendo de forma que el aumento de distancias sería cada vez más lento. Ello corresponde al modelo paradigmático de Einstein-de Sitter cuya única forma de energía es materia, y ésta, carente de presión. Dicha creencia se mantuvo firme hasta finales del siglo pasado. Fue entonces cuando observationalmente se advirtió que, desde épocas recientes, dicho ritmo va aumentando; es decir, hoy día la expansión es acelerada. Este descubrimiento por parte de Perlmutter, Riess y Schmidt (entre otros) les valió, en 2011, el premio Nobel.

La expansión acelerada implicaba (e implica) serios problemas teóricos. Como solución más simple se propone la existencia de otra componente de energía de presión altamente negativa (si bien presiones negativas pequeñas pueden generarse con facilidad en el laboratorio, valores negativos del orden requerido resultaban casi impensables). Una gran variedad de explicaciones se han ofrecido pero, por ahora, ninguna goza de consenso general.

Cualquiera que ella venga a ser, ha de estar de acuerdo con las leyes de la física; entre otras, con las leyes de la termodinámica. La segunda de éstas, implícitamente descubierta por Sadi Carnot en 1824, y formulada por Clausius y Kelvin décadas más tarde, simplemente reconoce que todo sistema tiende espontáneamente al equilibrio termodinámico y que lo alcanzará, antes o después, si permanece aislado. En términos matemáticos afirma que la entropía de cualquier sistema macroscópico más su entorno nunca decrece y que tiende a un máximo, el cual caracteriza el estado de equilibrio. Ello da cuenta, por ejemplo, de que el paso de calor entre dos cuerpos sea del de mayor al de menor temperatura.

Pues bien, si aplicamos estas ideas al Universo encontramos que éste tenderá a dicho equilibrio si su expansión es acelerada, y no si es desacelerada, con independencia del agente causante de la aceleración. En resumen, la expansión del Universo es acelerada porque, en el fondo, se trata de un sistema macroscópico ordinario; es decir, obediente, como cualquier otro, a las leyes de la termodinámica. Adviértase que hasta el momento no se conoce sistema macroscópico ajeno a ellas.

**Diego Pavón**

[diego.pavon@uab.es](mailto:diego.pavon@uab.es)

## Referencias

Radicella, Ninfa; Pavón, Diego. [A thermodynamic motivation for dark energy](#). General Relativity and Gravitation 44(3): 685-702. 2012. DOI: 10.1007/s10714-011-1299-y.

Pavón, Diego; Radicella, Ninfa. [Does the entropy of the Universe tend to a maximum?](#) General Relativity and Gravitation 45(1): 63-68. 2013. DOI: 10.1007/s10714-012-1457-x.

[View low-bandwidth version](#)