

Resumen de la Tesis titulada “Cosmología con energía oscura vectorial” realizada por José Beltrán Jiménez en la Universidad Complutense de Madrid.

La Cosmología moderna ha recibido un enorme impulso con el advenimiento de una tecnología lo suficientemente avanzada como para poder observar el Universo a gran escala con una precisión nunca antes alcanzada, lo que nos ha permitido hacernos una idea razonable de cuáles son su contenido, estructura y evolución. No obstante, a pesar de los avances producidos, aun quedan problemas abiertos en la Cosmología moderna que siguen desconcertando a la comunidad. De estos problemas, hay uno en particular cuyo descubrimiento en 1998 dejó perplejos a los cosmólogos: la expansión acelerada del Universo. Si bien es cierto que se ha avanzado tanto en el establecimiento como en el entendimiento de este problema, todavía hoy no conocemos la verdadera razón subyacente de este fenómeno.

En la Tesis que se presenta se han considerado diversos aspectos de una posible naturaleza vectorial de la energía oscura. Primeramente hemos estudiado modelos de energía oscura en movimiento con respecto al resto de componentes del Universo. Un resultado importante que se deriva de la presencia de este movimiento es que posibilita la aparición de velocidades relativas también entre la materia y la radiación, lo que podría explicar las elevadas velocidades peculiares de grandes volúmenes de materia que se han detectado recientemente y que están en conflicto con las predicciones del modelo estándar. También hemos estudiado los efectos producidos en el Fondo Cósmico de Microondas (FCM) y hemos encontrado que, tanto el dipolo como el cuadrupolo, se ven apreciablemente afectados. El dipolo debe interpretarse, no como un efecto puramente cinemático debido al efecto Doppler del movimiento del observador con respecto al FCM, sino como debido al movimiento del observador con respecto al *centro de masas cósmico*, adquiriendo de este modo un origen cosmológico. Por otro lado, el cuadrupolo recibe una nueva contribución que podría resolver el problema de su bajo valor.

El otro aspecto que hemos estudiado en la Tesis es la posibilidad de explicar el problema de la expansión acelerada en el contexto de las teorías vector-tensor de la gravedad. Para ello, hemos realizado un análisis detallado de la correspondiente evolución cosmológica e identificado la condiciones bajo las cuáles se tienen soluciones aceleradas, encontrándose que la mayoría de estas teorías contienen este tipo de soluciones de forma natural. Además, hemos estudiado la viabilidad de estos modelos en cuanto a la consistencia de su comportamiento a pequeñas escalas.

Por último, hemos propuesto dos modelos de energía oscura vectorial que pueden aliviar o incluso resolver algunos de los problemas fundamentales de los que adolecen la mayoría de los modelos de energía oscura, como inestabilidades, naturalidad o conflictos con los experimentos del Sistema Solar. En el primer modelo, un campo vectorial produce la expansión acelerada y resuelve el problema de la naturalidad gracias a que la fracción de densidad de energía del campo vectorial es constante durante el Universo primitivo. Es interesante que este modelo proporciona el mejor ajuste hasta la fecha para el conjunto de datos de supernovas Gold y, cuando se analizan los datos del FCM con este modelo, se obtiene un Universo cerrado, estando el caso plano fuertemente desfavorecido, en contra de lo que usualmente se afirma de que las medidas del FCM indican que el Universo es plano. Dado que este modelo proporciona una cosmología radicalmente diferente a la del modelo estándar, podrá discriminarse con ayuda de los futuros datos de estructuras de materia a gran escala.

En el segundo modelo propuesto para explicar la expansión acelerada recurrimos al campo electromagnético. Hemos mostrado que, si se dota de significado físico al término de fijación de gauge que se utiliza en el método de cuantización de Gupta-Bleuler y aparece de forma natural en el formalismo de integral de caminos, se puede llevar a cabo una cuantización consistente con tres estados físicos: los dos estados transversales usuales del fotón más un nuevo estado escalar. Este nuevo modo, no estando conformemente acoplado a la gravedad, puede generarse durante inflación a partir de sus fluctuaciones cuánticas y, a grandes escalas, da lugar a una constante cosmológica efectiva cuyo valor coincide con el observado si inflación tuvo lugar a la escala electrodébil. Para este modelo hemos analizado la evolución de las perturbaciones y hemos obtenido que es compatible con todas las medidas del FCM y de estructuras de materia a gran escala. Además, se demuestra que puede establecerse la verdadera naturaleza de la energía oscura sin recurrir a nueva física.

Además de los resultados presentados en la Tesis, siguiendo las mencionadas líneas de investigación, existe la posibilidad de estudiar otros efectos debidos tanto a un posible movimiento de la energía oscura como en el contexto de teorías vector-tensor. Uno de los efectos que se investigarán en el futuro es la generación de campos magnéticos a gran escala debido al movimiento relativo de cargas durante el periodo de reionización que daría lugar a la aparición de corrientes eléctricas que, a su vez, producirían campos magnéticos como los que se observan a gran escala y que todavía carecen de una explicación satisfactoria. Otro mecanismo para generar campos magnéticos a gran escala sería introducir un acoplo a la curvatura en el modelo electromagnético. De este modo, habría un campo magnético intrínseco asociado a la masa que podría ayudar a explicar su presencia a grandes escalas. Además, estos mecanismos para generar campos magnéticos a gran escala también podrían tener efectos sobre la polarización del FCM que se medirá con precisión en la siguiente generación de observaciones. Otras líneas de investigación que se seguirán en el futuro derivadas de la Tesis serán la generalización de los resultados obtenidos para las teorías vector-tensor al caso no abeliano y a n -formas con acoplos no mínimos a la gravedad.

La lista de publicaciones en revistas especializadas derivadas de la investigación realizada en la Tesis es la siguiente:

1. José Beltrán Jiménez, Tomi S. Koivisto, Antonio L. Maroto and David F. Mota.
Perturbations in electromagnetic dark energy. JCAP **0910**:029,2009.
2. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Dark energy: the absolute electric potential of the Universe. Int. J. Mod. Phys. D Vol 9, Issue 14 (2009).
Premiado con una *Honorable Mention* en los Premios de ensayos en Gravitación 2009 de la Gravity Research Foundation.
3. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Cosmological evolution in vector-tensor theories of gravity. Phys. Rev. **D80**:063512, 2009.
4. José Beltrán Jiménez, Ruth Lazkoz and Antonio L. Maroto.
Cosmic vector for dark energy: constraints from SN, CMB and BAO. Phys. Rev. **D80**, 023004, 2009.
5. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Large-scale cosmic flows and moving dark energy. JCAP **0903**:015, 2009.
6. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Viability of vector-tensor theories of gravity. JCAP **0902**:025, 2009.
7. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Cosmological electromagnetic fields and dark energy. JCAP **0903**:016, 2009.
8. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
A cosmic vector for dark energy. Phys. Rev. **D78**:063005, 2008.
Reseña editorial en *Nature Physics* **4**, 751 (Oct. 2008).
9. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Cosmology with moving dark energy and the CMB quadrupole. Phys. Rev. **D76**, 023003, 2007.
10. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
The electromagnetic dark sector. Aceptado para publicación en *Phys. Lett. B*. arXiv: 0903.4672.
11. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Cosmic magnetic fields and dark energy. En preparación

Además, el trabajo se ha presentado en diversos congresos internacionales y ha dado lugar a las siguientes contribuciones:

1. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Dark energy in vector-tensor theories of gravity. Proceedings of the *Spanish Relativity Meeting, ERE 2009*.
Journal of Physics. Conference Series (JPCS).
2. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Electromagnetic nature of dark energy. Proceedings of *The Invisible Universe 2009*, París
3. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
On the dark energy rest frame and the CMB. AIP Conf.Proc.1122:193-196,2009.
4. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Avoiding the dark energy coincidence problem with a cosmic vector. AIP Conf.Proc.1122:107-114,2009.
5. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Vector models for dark energy. Proceedings of 43th Recontres de Moriond: Cosmology, La Thuile, Italy 15-22
March 2008, Cosmology, eds. J. Dumarchez, Y. Giraus-Heraud, J. Tran Thanh Van, The Gioi Publishers, pag.
291-294 (2008).
6. José Beltrán Jiménez and Antonio L. Maroto.
Cosmology with moving fluids and the CMB. Proceedings of *XXXI Reunión Bienal de Física 2007*.