

تأیید کرد، بلکه با دقت زیادی می‌توان ادعا کرد که کیهان از 9/4 درصد ماده باریونی، 26/8 درصد ماده تاریک و 68/3 درصد انرژی تاریک تشکیل شده است [7] که این مقادیر، پایه‌های اصلی «مدل استاندارد» کیهان‌شناسی یا به اختصار  $\Lambda$  Cold Dark Matter)  $\Lambda$ CDM است [8]. درک ماهیت انرژی تاریک که یکی از معماهای جدید علم فیزیک است، گام بعدی تکمیل مدل استاندارد کیهان‌شناسی است. با این‌که ماهیت انرژی تاریک، هنوز روشن نیست ولی داده‌های رصدی به شکل غیرمستقیم، دلالت بر آن دارند که ماده تاریک به شکل همگن در کل کیهان توزیع شده و چگالی انرژی آن در حدود  $10^{-30}$  گرم بر سانتی‌متر مکعب است [4]. این چگالی بسیار کم، مشاهده مستقیم انرژی تاریک را در آزمایشگاه مشکل می‌سازد؛ از طرف دیگر، مقدار چگالی انرژی تاریک، برخلاف ماده با انبساط عالم کاهش نمی‌یابد که این بدان معنا است که انرژی تاریک، باید خاصیتی از خود فضا باشد. امید می‌رود با توسعه نظریه‌های میدان کوانتومی در آینده، ماهیت این صورت غالب انرژی کیهانی، مشخص شود [5].

## مداخل مرتبط

انرژی نقطه صفر؛ کوانتوم و انرژی.

## کتاب‌شناسی

- [1] Weinberg, S. *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*, Basic Books, 1993.
- [2] Padmanabhan, T. *After the First Three Minutes: The Story of Our Universe*, Cambridge University Press, 1998.
- [3] Majumdar, D. *Dark Matter: An Introduction*. CRC Press, 2015.
- [4] Durr, R. "What do we really know about dark energy?". *Philosophical Transactions of Royal Society A*, vol. 369, iss. 1957, 2011.
- [5] Carroll, S. "The cosmological constant". *Living Reviews in Relativity*, vol. 4, no.1, 2001.
- [6] Huterer, D.; Turner, M. S. "Prospects for probing dark energy via supernova distance measurements". *Physical Review D*, vol. 60, 1999.
- [7] Ade, P. A. R.; et al. "Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results". *Astronomy & Astrophysics*, vol. 571, no. A1, 2014.
- [8] Scott, D. "The standard cosmological model". *Canadian Journal of Physics*, vol. 84, iss 6- 7, 2006.

شانت شهبازیان

## Dark Energy

صورت تازه کشف شده‌ای از انرژی که حدود هفتاد درصد کیهان از آن تشکیل یافته است. به نظر می‌رسد انرژی تاریک، نوعی از انرژی خلأ باشد.

کیهان‌شناسی مدرن، مبتنی بر نظریه انفجار بزرگ (مهبانگ) است که گرچه ادوین هابل از دهه 1930 با کشف انتقال به قرمز طیف نوری کهکشان‌ها، آن را برای اولین بار مطرح کرد، ولی از دهه 1960 میلادی، بعد از کشف تابش پس‌زمینه کیهانی، به صورت نظریه‌ای بنیادی از سوی اکثر کیهان‌شناسان پذیرفته شد [1]. براساس این نظریه خلقت عالم در حدود 8/13 میلیارد سال پیش، صورت گرفته و پس از آن در فرآیند انبساطی دائمی کیهان کهکشان‌ها (یا به طور دقیق‌تر خوشه‌های کهکشان‌ها) در حال دور شدن از یکدیگر هستند. با وجود این، از ابتدای دهه هشتاد میلادی، معلوم شد که این نظریه، با بعضی داده‌های رصدی مطابقت ندارد و از طرف دیگر، قادر به توضیح نحوه شکل‌گیری کهکشان‌های اولیه نیست؛ در نتیجه نیاز به اصلاحاتی دارد [2]. برای رفع این اشکالات پیشنهاد شد که علاوه بر ماده «باریونی» (ماده معمول شکل‌گرفته از پروتون‌ها و نوترون‌ها) بخش عمده‌ای از جرم عالم از ماده ناشناخته‌ای شکل گرفته که بعدها به «ماده تاریک» معروف شد [3]. بررسی دقیق تابش پس‌زمینه‌ای کیهانی، با استفاده از ماهواره‌ها در ابتدای دهه 1990 نشان داد که تنها فرض وجود ماده تاریک قادر به حل مشکلات نظریه مهبانگ نیست؛ سپس در سال 1998 دو پژوهش مستقل رصدی، انفجارهای ستاره‌ای موسوم به ابرنواختر نوع 1a (معروف به «شمع‌های مرجع کیهانی») نشان داد که انبساط عالم، برخلاف تصور رایج آن زمان شتابدار است [4]. پذیرفتن کیهانی با انبساط شتابدار، به معنای پذیرفتن «ثابت کیهانی،  $\Lambda$ » غیرصفر است و از سوی دیگر، در چارچوب نظریه نسبیت عام، پذیرفتن ثابت کیهانی غیرصفر به معنای وجود «انرژی خلأ» غیرصفر است [5]. در سال 1999 پیشنهاد شد که این انرژی خلأ، «انرژی تاریک» نامیده شود [6]. اندازه‌گیری‌های متعدد و مستقل ناهمسان‌گردی تابش پس‌زمینه‌ای کیهانی با استفاده از ماهواره‌ها و تحلیل داده‌ها، نه تنها وجود انرژی تاریک را