



تصور یک هنرمند از خوشه‌های کهکشانی پوسته مانند در جهان. شکل دقیق پوسته‌ها تحت تأثیر نوترینوهایی قرار گرفته است که لحظاتی پس از بیگ‌بنگ بوجود آمده‌اند.

Credit: Zosia Rostomian (LBNL), SDSS II, BOSS.

در زمان‌های اولیه، جهان<sup>۱</sup> ترکیبی پراثری از ذراتی بود که با یکدیگر در تعامل بودند. نوترینوها<sup>۲</sup> اولین ذراتی بودند که از این سوپ چگال رهایی یافتند، سبک‌ترین و کم‌تعامل‌ترین ذرات در مدل استاندارد فیزیک ذرات. این ذرات امروزه نیز در اطراف ما وجود دارند، اما آشکارسازی آن‌ها به صورت مستقیم کاری بسیار دشوار است زیرا اندرکنش ضعیفی با ماده دارند. تیمی بین‌المللی از کیهان‌شناسان، شامل دانیل بائومن<sup>۳</sup> و بنزامین والیش<sup>۴</sup> از دانشگاه آمستردام، موفق به اندازه‌گیری تأثیر این "پس‌زمینه‌ی نوترینوی کیهانی"<sup>۵</sup> بر کهکشان‌هایی که در طول تکامل کیهان به خوشه‌ها تبدیل شده‌اند، شدند. این تحقیق در Nature Physics این هفته منتشر گردید.

هنگامی که سنگ‌ریزه‌ای به درون حوض انداخته می‌شود، موج‌هایی بر روی سطح آب ایجاد شده، که به طرف خارج در دایره‌هایی هم‌مرکز انتشار می‌یابند. به‌طور مشابه، مناطقی در پلاسمای اولیه با بیشترین چگالی، پوسته‌هایی از ماده (اغلب پروتون‌ها و الکترون‌ها) را تولید کردند که به طرف خارج و با سرعتی نزدیک (اما نه کاملاً) به سرعت نور منتشر می‌شدند. این فشار رو به بیرون ماده، توسط تعداد زیادی فوتون با انرژی بالا در جهان اولیه ایجاد شد.

در حدود ۳۸۰ هزار سال پس از بیگ‌بنگ، زمانی که الکترون‌های آزاد توسط فوتون‌ها برای ترکیب با اتم‌های هیدروژن خنثی (از لحاظ الکتریکی) اسیر شدند، گسترش این پوسته‌های ماده به این دلیل که فوتون‌ها تعامل با الکترون‌ها را متوقف کردند، دچار توقف شد. پس از آن پوسته‌های

<sup>1</sup> Universe

<sup>2</sup> Neutrinos

<sup>3</sup> Daniel Baumann

<sup>4</sup> Benjamin Wallisch

<sup>5</sup> Cosmic Neutrino Background

یخزده‌ی ماده به مناطق چگال تبدیل شده و سرانجام کهکشان‌ها تشکیل شدند. این نظریه پیش‌بینی می‌کند که تعداد زیادی از جفت کهکشان‌ها با اندازه‌های متناظر با پوسته‌های یخزده‌ی بوجود آمده در جهان اولیه، در فاصله‌ای در حدود ۵۰۰ میلیون سال نوری باید یافت شوند. در سال ۲۰۰۵، این اثر برای اولین بار در توزیع کهکشان‌های اندازه‌گیری شده توسط SDSS<sup>۱</sup> مشاهده گردید.

### اثر نوترینو

حضور پس‌زمینه‌ی نوترینوی کیهانی به‌صورت ظریفی بر تصویر فوق (تصویر اول مقاله) تأثیر گذاشته است. پس از اینکه نوترینوها از باقی‌مانده‌ی ماده‌ی اولیه جدا شدند، شروع به حرکت با سرعت نور (اندکی سریعتر از باقی ماده) کردند. از این‌رو پوسته‌های نوترینو از پوسته‌های ماده سبقت گرفتند. در نتیجه، کشش گرانشی<sup>۲</sup> نوترینوها اندکی پوسته‌های ماده را تغییر شکل داد، و تغییرات کوچکی را که برای تشکیل کهکشان‌ها در زمان‌های بعدی لازم بود را ایجاد کرد. تأثیر نوترینوهای کیهانی بر ساختار بزرگ مقیاس جهان، باید با تجزیه و تحلیل دقیق خوشه‌سازی‌های کهکشانی آشکار گردد.

در این مقاله، بائومن و همکارانش داده‌های جدیدی از ۱/۲ میلیون کهکشان که در فاصله‌ای در حدود ۶ میلیارد سال نوری قرار داشتند را مطالعه کردند. تحلیل‌های آماری آنها امضای موردانتظاری از حمام نوترینوهای کیهانی که تمام فضا را پر کرده‌اند، را تأیید می‌کند. این اندازه‌گیری جدید تأیید جالبی از مدل کیهان‌شناسی استاندارد است که تولید نوترینوها یک ثانیه پس از بیگ‌بنگ را به خوشه‌های کهکشانی در چندین سال بعد مرتبط می‌سازد.

منبع: [Phys.org](https://www.phys.org)

[Netherlands Organisation for Scientific Research \(NWO\)](https://www.nwo.nl/)

تهیه شده توسط:

[Nature Physics](https://www.nature.com/physics)

ژورنال منبع:

اطلاعات بیشتر:

Daniel Baumann et al. First constraint on the neutrino-induced phase shift in the spectrum of baryon acoustic oscillations, *Nature Physics* (2019). DOI: [10.1038/s41567-019-0435-6](https://doi.org/10.1038/s41567-019-0435-6)

مترجم: سوران زوراسنا

کلمات کلیدی: نوترینو، خوشه‌ی کهکشانی، بیگ‌بنگ، مه‌بانگ، فوتون

Keywords: Neutrino, Galaxy Cluster, Big Bang, Photon

<sup>1</sup> the Solan Digital Sky Survey

<sup>2</sup> the Gravitational Pull