



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

آواز سے بنی ہوئی ایک کائناتی پیمانہ

DESI نے چھ ملین اشیا سے کائنات کے *expansion* تاریخ کو اب تک کے بہترین صوتی-*baryon* پیمانہ کے ذریعے ناپا ہے۔ ایکلا DESI پیمانہ معیاری ماڈل سے متفق ہے، جہاں تاریک توانائی مستقل ہے۔ اسے کائناتی *microwave* پس منظر اور سپرنووا نمونہ کے ساتھ ملانا کریں تو وقت کے ساتھ بدلنے والا تاریک توانائی کی *preference* ظاہر ہوتی ہے۔ $\sigma_{6.2}$ سے $\sigma_{9.3}$ تک، اس پر منحصر کہ کون سا سپرنووا *set* شامل کیا گیا۔ یہ حقیقی اور دلچسپ اشارہ ہے، دریافت نہیں: اہمیت طبیعیات کے معمول کے حد سے نیچے ہے اور *external* سپرنووا ڈیٹا کے انتخاب سے بدلتی ہے۔ تاریک توانائی شاید *evolve* کر رہی ہو۔ DESI نے اس سوال کو پہلی بار *precision* کے ساتھ واقعی پوچھنے کے قابل بنا دیا ہے۔ ابھی اس کا جواب نہیں دیا۔

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: DESI 2024 VI: Cosmological Constraints from the Measurements of Baryon Acoustic Oscillations, DESI Collaboration: A. G. Adame, J. Aguilar, S. Ahlen, S. Alam, D. M. Alexander, et al., Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP) 02 (2025) 021 · DOI: 7516/2025/02/021-1088/1475.10

آواز سے بنی ہوئی ایک کائناتی پیمانہ

کائنات کے بہت ابتدائی دور میں، ستاروں سے پہلے، عام مادہ اور روشنی کا گرم پلازما گونجتا تھا۔ دباؤ waves اس میں روشنی کی رفتار کے نصف سے زیادہ رفتار سے دوڑتی تھیں، یہاں تک کہ کائنات اتنی ٹھنڈی ہوئی کہ ایٹمز بن سکے اور یہ گونج رک گئی۔ اور مادہ کی تقسیم میں ایک ہلکی سی پسندیدہ فاصلہ منجمد ہو گئی۔ آج یہ فاصلہ، جسے صحیح افق کہتے ہیں، تقریباً 150 megaparsecs (تقریباً 490 ملین روشنی-سال) ہے۔ کہکشائیں کی تقسیم میں اسی علیحدگی پر ایک معمولی excess ہر سمت اور مختلف epochs میں دکھائی دیتا ہے۔ Cosmologists اسے baryon صوتی، oscillation، یا BAO کہتے ہیں اور معیاری پیمانہ کے طور پر استعمال کرتے ہیں: مختلف فاصلے پر اس مستقل پیمانہ کا apparent حجم ناپیں، اور کائنات کی پوری تاریخ میں توسیع شرح کا نقشہ بن جاتا ہے۔

تاریک توانائی طیفی آلہ (DESI) اسی پیمانہ کو پہلے سے کہیں بہتر ناپنے کے لیے بنایا گیا تھا۔ اس کی پہلا ڈیٹا اجرا کہکشائیں، کوازارز اور دور گیس بادل کے الفا-Lyman جنگل میں BAO پیمانہ نقشہ کرتی ہے۔ چھ ملین سے زیادہ اشیاء، سات ریڈ شفٹ bins میں، ریڈ شفٹ 1.0 سے 2.4 تک۔ انسانی توقع کو نتیجہ سے دور رکھنے کے لیے ٹیم نے تجزیہ بلائڈ چلایا، یعنی cosmological جواب خود سے چھپائے رکھا جب تک طریقہ lock نہ ہو گئے۔ BAO کی precision میں یہ اب تک کی سب سے بہتر پیمائش ہے۔



Arizona DESI، Peak Kitt پر 4-metre Mayall U. Nicholas دوربین پر نصب ہے۔ آلہ ہزاروں بصری ریشوں سے روشنی طیف نگاروں تک پہنچاتا ہے، اور آسمان مقامات کو لاکھوں کہکشائیں اور کوازارز کے طیف اور ریڈ شفٹس میں بدل دیتا ہے۔

DESI کیا ہے

ہے۔ spectrograph ایک کا دوربین Nicholas U. Mayall 4-metre کے Kitt Peak پر Arizona کے طیفی توانائی تاریک اس کرتی۔ نہیں emit روشنی توانائی تاریک کیونکہ سگا کر نہیں آہ کوئی دیکھتا۔ ایسا نہیں راست براہ کو توانائی تاریک یہ ان نے کائنات expanding ہے، کرتا ریکارڈ طیف کے کوازارز اور کہکشائیں 5,000 تقریباً میں وقت ایک یہ بجائے کے نقشہ three-dimensional کا اشیا لاکھوں اور ہے، پڑھتا شفٹ ریڈ کا شے ہر سے اس ہے کیا stretch جتنا کو روشنی کی کیسے تبدیلی کی توسیع کائناتی ساتھ کے وقت نقشہ یہ کہ ہے جاتی کی کرنا اخذ سے بات اس توانائی تاریک پھر ہے۔ بنانا دیکھیں۔ DESI How کام کرتا ہے لیے کے زنجیر پوری تک پیمانہ صوتی سے ریشوں robotic ہے۔ دکھاتا

اس نتیجے سے سب سے زیادہ پھیلنے والی سرخی یہ تھی کہ تاریک توانائی شاید مستقل نہیں۔ کائنات کی توسیع تیز کرنے والی پراسرار شے وقت کے ساتھ کمزور ہو رہی ہو، اور معیاری کونیاتی ماڈل میں دراڑ پڑ رہی ہو۔ یہ دعویٰ من گھڑت نہیں، مگر اسے اصل شواہد سے کہیں آگے لے جانا بہت آسان ہے۔ دیانت دار تعبیر زیادہ محدود ہے۔

DESI کا صوتی-baryon پیمانہ بذاتِ خود مستقل تاریک توانائی، یعنی cosmological مستقل، کے ساتھ ہم آہنگ ہے۔ بدلتی ہوئی تاریک توانائی کی ترجیح تب ظاہر ہوتی ہے جب DESI کو کائناتی microwave پس منظر اور سپرنووا نمونہ کے ساتھ ملانا کیا جائے۔ اور اہمیت اس بات کے ساتھ بدلتی ہے کہ کون سا سپرنووا نمونہ لیا گیا۔

معیاری ruler، اور تاریک توانائی کے بدلنے کے دو طریقے

پر فاصلہ کسی لیے اس ہے، معلوم لمبائی حقیقی کی اس سے طبیعیات ابتدائی۔ کائنات ہے: پیمانہ معیاری ایک پیمانہ BAO چکی ہو expand کتنی تک تب کائنات کہ ہے ہوتا معلوم سے کرنے موازنہ سے حجم زاویائی apparent کو لمبائی حقیقی ہے۔ کرتی govern توانائی تاریک یہی ہے۔ اور سگا جا کیا پیچھا تاریخ توسیع پورا کر ناپ کو پیمانہ پر فاصلے سی بہت تھی۔ معیاری ماڈل، Λ CDM میں تاریک توانائی ایک cosmological مستقل ہے: empty خلا کی مقرر توانائی کثافت جو وقت کے ساتھ نہیں بدلتی۔ طبیعیات دان اس رویہ کو "مساوات of حالت" پیرامیٹر w سے بیان کرتے ہیں؛ حقیقی cosmological مستقل کے لیے w ہر جگہ اور ہر وقت بالکل -1 ہے۔

اس مفروضہ کو دو طریقوں سے relax کیا جا سکتا ہے۔ سادہ ماڈل میں w کو -1 سے مختلف مگر وقت کے ساتھ مستقل رہنے دیا جاتا ہے۔ یہ w CDM ہے۔ زیادہ لچکدار ماڈل میں w توسیع کے ساتھ بدل سکتا ہے، اور اسے دو اعداد سے describe کیا جاتا ہے: w_0 ، آج کی قدر، اور w_a ، وقت کے ساتھ تبدیلی کی مقدار۔ یہ w_0 CDM w_0 ماڈل صرف $w_0 = -1$ ، $w_a = 0$ کے واحد نقطہ پر Λ CDM بن جاتا ہے۔ یہاں w_0 کا -1 سے بڑا اور w_a کا منفی ہونا "بدلتی ہوئی تاریک توانائی" کا مطلب ہے: تاریک توانائی جو ماضی میں زیادہ repulsive تھی اور اب کچھ کم ہو رہی ہے۔

مصنفین نے کیا کیا

- DESI کے پہلا سال ڈیٹا سے BAO پیمانہ ناپی۔ کہکشائیں، کوازارز اور الفا-Lyman جنگل سمیت۔ چھ ملین سے زیادہ اشیا، سات ریڈ شفٹ $0.1 < z < 4.2$ bins۔
- تجزیہ بلائیڈ چلایا، cosmological نتیجہ کو طریقہ کار درست کرنا ہونے تک conceal رکھا تا کہ تصدیق bias کم ہو۔
- معیاری ہموار CDM ماڈل کو پہلے BAO DESI اکیلا پر مطابقت کیا، پھر بینگ-ابتدائی big-عنصری ترکیب prior اور Planck/ACT کے کائناتی microwave پس منظر (CMB) ڈیٹا کے ساتھ۔
- ماڈل کو دو سمتیں میں پیچھے تک بڑھا کیا: مستقل تاریک-توانائی w ، (wCDM) اور وقت کے ساتھ بدلنے والا w_0 ۔

- وقت کے ساتھ بدلنے والا ماڈل کو DESI+CMB کے ساتھ باری باری تین قسم Ia سپرنووا، Pantheon+، compilations—Union3، جوڑ—DES-SN5YR کر ٹیسٹ کیا، ایک پسندیدہ نمونہ منتخب نہیں کیا۔
- neutrino کمیتوں کے summed کل پر حدود رکھیں، اور دیکھا کہ تاریک-توانائی پس منظر کو vary کرنے دینے پر وہ حدود کیسے بدلتی ہیں۔

انہوں نے کیا پایا

- BAO DESI اکیلا معیاری ماڈل کے ساتھ ہم آہنگ ہیں۔ مادہ کثافت $\Omega_m = 0.295 \pm 0.015$ ملتی ہے، اور جب تاریک توانائی کے لیے مستقل w آزاد رکھا جائے تو $w = -0.99^{+0.15}_{-0.13}$ یعنی مستقل-cosmological قدر -1 کے عین قریب۔
- CMB اور اس کی عدسی اثر کے ساتھ DESI $\Omega_m = 0.307 \pm 0.005$ اور Hubble مستقل $H_0 = 67.97 \pm 0.38$ $\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ دیتا ہے (68.52 ± 0.62 جب ابتدائی عنصری ترکیب اور CMB صوتی پیمانہ کے ساتھ جوڑا کیا جائے)۔
- وقت کے ساتھ بدلنے والا ماڈل میں مشترکہ ڈیٹا سیٹس بدلتی ہوئی تاریک توانائی کو ترجیح دیتے ہیں $w_0 > -1$ اور $w_a < 0$ ۔
- DESI+CMB کے لیے ترجیح 2.6σ ہے؛ سپرنووا نمونہ شامل کرنے پر Union3 Pantheon+ اور DES-SN5YR کے لیے بالترتیب 2.5σ ، 3.5σ اور 3.9σ ہو جاتی ہے۔ سگما بتاتا ہے نتیجہ معیاری-ماڈل expectation سے کتنا دور ہے؛ claimed دریافت کے لیے طبیعیات میں عام روایت 5σ ہے، اور سگما خود یہ نہیں بتاتا کہ تشریح درست ہے—رہنما۔
- neutrino کمیتوں کا، sum اگر آزاد چھوڑا جائے، DESI+CMB کے لیے 0.072 eV سے کم (95% اعتماد) حد میں ہے؛ مگر مقالہ واضح کرتا ہے کہ تاریک-توانائی پس منظر کو CDMA سے ہٹنا کرنے دیں تو یہ حد نمایاں طور پر loose ہو جاتا ہے۔

یہ کیا ثابت نہیں کرتا

- یہ نہیں دکھاتا کہ تاریک توانائی evolve کر رہی ہے۔ DESI کا اپنا پیمانہ cosmological مستقل کے ساتھ ہم آہنگ ہے؛ ارتقا کا اشارہ صرف مشترکہ fits اور richer پیرامیٹر-two ماڈل میں آتا ہے۔
- اس کا مطلب “CDMA مر گیا” یا “Einstein غلط تھا” نہیں۔ سب سے بڑا عدد 3.9σ ، 5σ دریافت روایت سے نیچے ہے، اور DESI اکیلا کو معیاری ماڈل اچھی طرح مطابقت کرتا ہے۔
- نتیجہ نمونہ-آزاد نہیں۔ سپرنووا compilation بدلنے سے اہمیت 2.5σ سے 3.9σ تک بدلتی ہے—ایک مکمل سگما سے زیادہ۔ ایسا اشارہ جو external ڈیٹا سیٹ کے انتخاب پر اتنا انحصار کرے، فالو آپ کا اشارہ ہے، bank کرنے کے قابل پیمائش نہیں۔
- DESI-اکیلا میں $w_0 > -1$ کی طرف جھکاؤ جزوی طور پر ایک anomalous نقطہ سے آتا ہے—ریڈ شفٹ-51.0 کہکشاں bin جو CDMA کے مقابلے میں کچھ بلند بیٹھتا ہے۔ لیکن مقالہ اس پر درست stress ٹیسٹ کرتا ہے: اسے شماریاتی fluctuation سمجھتا ہے، اور دکھاتا ہے کہ DESI کے تمام کم-ریڈ شفٹ ($z < 0.6$) پیمائشیں کو قدیم SDSS قدریں سے جگہ لینا کرنے پر مشترکہ تاریک-توانائی نتیجہ نہیں بدلتا۔ یعنی odd نقطہ DESI اکیلا کو tug کرتا ہے؛ مشترکہ اشارہ کو سہارا نہیں دیتا۔ آزاد گروپس نے بھی بعد میں اس نقطہ کے کردار کو مزید دیکھا۔
- neutrino-mass حد ماڈل-آزاد فیصلہ نہیں۔ یہ تب سخت ہے جب پس منظر توسیع CDMA پر مقرر ہو؛ پس منظر relax کریں تو حد بھی relax ہوتا ہے۔

شواہد کتنے مضبوط ہیں

- فاصلہ پیمائش کے طور پر بہت مضبوط cosmology BAO کے صاف ترین ٹولز میں سے ہے، DESI کی پیمائش اب تک سب سے درست ہے، اور بلائیڈ تجزیہ وہی safeguard ہے جو hoped-for جواب کو ڈیٹا میں پڑھ لینے سے بچانے کے لیے چاہیے۔
- تاریک-توانائی دعویٰ کے طور پر واقعی دلچسپ مگر فیصلہ کن نہیں۔ DESI+CMB کا 2.6σ ترجیح، اور سب سے constraining سپرنووا سیٹ کے ساتھ 3.9σ ، مزید دور بین وقت کا مستحق نتیجہ ہے۔ ماڈل overthrow کرنے کا نہیں۔ caution کی دیانت دار وجہ سپرنووا نمونے کے درمیان پھیلاؤ ہے۔ مصنفین نے یہ بھی verify کیا کہ ان کا سب سے BAO anomalous نقطہ نتیجہ ڈرائیو نہیں کرتا۔
- مقالہ اپنے دعوے میں محتاط ہے: سب سے بڑا سگما quote کرنے کے بجائے اہمیت تین طریقوں سے رپورٹ کرتا ہے، اور neutrino نتیجہ کی ماڈل باہمی انحصار بھی واضح کرتا ہے۔ overreach زیادہ تر retelling میں آتی ہے، مقالہ میں نہیں۔

یہ کیوں اہم ہے

تقریباً پچیس سال سے "تاریک توانائی" اور "cosmological" مستقل "تقریباً interchangeable اصطلاحات بنے رہے کیونکہ پیمائشیں w کی 1- قدر کے ساتھ ہم آہنگ تھیں۔ DESI پہلا ڈیٹا سیٹ ہے جس کی precision اتنی ہے کہ دوسرے ڈیٹا کے ساتھ مل کر یہ واقعی پوچھ سکے کہ کیا یہ 1- وقت کے ساتھ تبدیلی کرتا ہے۔ اور جواب ہموار "نہیں" نہ ہو۔ ڈیٹا کیا پوچھ سکتے ہیں، اس میں یہ حقیقی تبدیلی ہے، اور اسی لیے نتیجہ attention کے قابل ہے۔

لیکن یہی precision ہمیں یہ بھی دکھاتی ہے کہ اشارہ کتنی مشروط ہے: کچھ ڈیٹا combinations میں زندہ، دوسروں میں خاموش، اور خاص طور پر اس بات کے لیے حساس کہ DESI کے ساتھ کون سا سپرنووا catalogue جوڑا ہوتا ہے۔ صحیح posture نہ dismissal ہے، نہ ابتدائی۔ revolution اگلی بڑی DESI اجرا-DR2، جو 2025 میں آچکی ہے۔ اور آزاد سپرنووا نمونے کو دیکھنا ہے: تبدیلی مضبوط ہوتی ہے یا cosmology fade؟ genuine "maybe" کچھ ایسا ہی دکھائی دیتا ہے، اور اسے "maybe" ہی رپورٹ کرنا چاہیے۔

صاف خلاصہ

DESI نے چھ ملین اشیا سے کائنات کے توسیع تاریخ کو اب تک کے بہترین صوتی-baryon پیمانہ کے ذریعے ناپا ہے۔ اکیلا DESI پیمانہ معیاری ماڈل سے متفق ہے، جہاں تاریک توانائی مستقل ہے۔ اسے کائناتی microwave پس منظر اور سپرنووا نمونے کے ساتھ ملانا کریں تو وقت کے ساتھ بدلنے والا تاریک توانائی کی ترجیح ظاہر ہوتی ہے۔ 2.6σ سے 3.9σ تک، اس پر منحصر کہ کون سا سپرنووا سیٹ شامل کیا گیا۔ یہ حقیقی اور دلچسپ اشارہ ہے، دریافت نہیں: اہمیت طبیعیات کے معمول کے حد سے نیچے ہے اور external سپرنووا ڈیٹا کے انتخاب سے بدلتی ہے۔ تاریک توانائی شاید evolve کر رہی ہو۔ DESI نے اس سوال کو پہلی بار precision کے ساتھ واقعی پوچھنے کے قابل بنا دیا ہے۔ ابھی اس کا جواب نہیں دیا۔

ماخذ

JCAP) in (published arXiv:2404.03002 Collaboration, DESI
<https://arxiv.org/abs/2404.03002>

7516/2025/02/021-1088/1475.10 DOI ,021 (2025) 02 JCAP Collaboration, DESI
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2025/02/021>