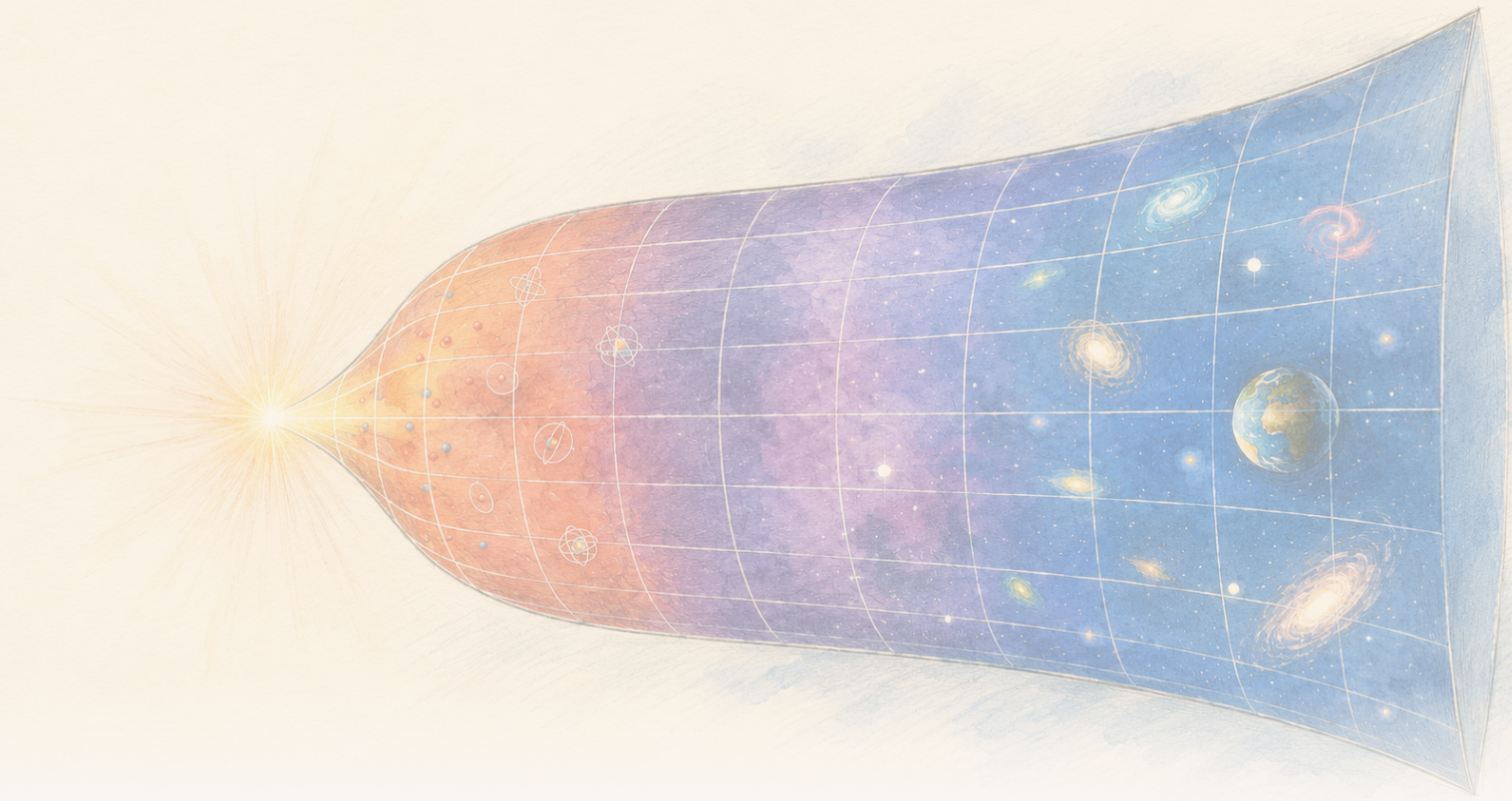

The Clean Paper

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

Entropy-based gravity model में local entropy density गिरती है जबकि total बढ़ता है

Physical Review D paper Gravity From Entropy के भीतर temperatures, pressures और first law derive करता है। Late-time, low-curvature Friedmann approximation में model की local entropy और energy densities गिरती हैं, जबकि expansion total entropy बढ़ाती है। Calculation concrete लेकिन conditional है: Friedmann cosmologies full theory के exact solutions नहीं और यह gravity entropy से आती है, measured dark energy explain होती है या quantum gravity complete है—इनका observational evidence नहीं।

Written by Laura Nesso · Cross-checked by Cinzia Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Thermodynamics of the gravity from entropy theory*, Ginestra Bianconi, Physical Review D 114, 024042 (2026) · DOI: 10.1103/26kn-thgp

बढ़ताहुआ आयतन घनत्व घटासकताहै, जबकि कुल मात्राबढ़ सकतीहै

यदि इस मॉडल में ब्रह्मांड के फैलने पर एंट्रॉपीघनत्व घटताहै, तोकुल एंट्रॉपीफिर भीकैसे बढ़ सकतीहै?

फैलते ब्रह्मांड कोबहुत छोटीकोशिकाओं में बाँटकर सोचिए। हर कोशिकामें किसीचीज़ कीमात्राघट सकतीहै, लेकिन बढ़ते हुए क्षेत्र में उसकाकुल जोड़ फिर भीबढ़ सकताहै। जब आयतन खुद बदल रहाहो, घनत्व कागिरनाऔर कुल मात्राकाबढ़ना विरोधीबातें नहींहैं।

यहीसरल गणनाएक बहुत महत्वाकांक्षीसैद्धांतिक शोधपत्र के केंद्र में है। भौतिकी समीक्षाD में गणितीय भौतिकविद Ginestra Bianconi **Gravity From Entropy** (GfE) काऊष्मागतिकी वर्णन विकसित करतीहैं। यह हाल में प्रस्तावित मॉडल है जिसमें गुरुत्वाकर्षण कोपदार्थ और ज्यामिति के बीच सूचना-सैद्धांतिक संबंध से व्यक्त कियाजाताहै। यहाँ“सूचना-सैद्धांतिक” काअर्थ है कि मॉडल ज्यामिति के दोवर्णनों— भौतिकी ज्यामिति और पदार्थ/वक्रतासे प्रेरित ज्यामिति — के बीच अंतर मापने वालीगणितीय राशि से शुरू होताहै।

शोधपत्र स्थानीय राशियाँनकालताहै जिन्हें k-एंट्रॉपी, k-ऊर्जा, k-तापमान और k-दाब कहागयाहै। उपसर्ग k मॉडल के अलग ज्यामितीय क्षेत्रोंकोअलग करताहै; ये अलग पदार्थ याब्रह्मांडीय युग नहींहैं। पहले नियम कासंबंध सामान्य ऊष्मागतिकीके पहले नियम जैसीसंरचनारखताहै: ऊर्जामें बदलाव = तापमान × एंट्रॉपीमें बदलाव − दाब × आयतन में बदलाव।

$$\delta\epsilon_k = \theta_k\,\delta s_k - \pi_k\,\delta v$$

फिर शोधपत्र फैलते हुए Friedmann ब्रह्मांडीय मॉडलों— बड़े पैमाने पर समरूप और समदैशिक आदर्शीकृत ब्रह्मांडों — में इन राशियोंकामूल्यांकन करताहै। कम-ऊर्जा, कम-वक्रतावाले क्षेत्र में पदार्थ- और विकिरण-प्रधान उदाहरणोंमें स्थानीय एंट्रॉपीऔर ऊर्जाघनत्व घटते हैं, लेकिन विस्तार इतनाआयतन जोड़ताहै कि कुल एंट्रॉपीबढ़तीहै। अग्रणीक्रम पर कुल ऊर्जास्थिर मान कीओर जातीहै — अर्थात बहुत लंबे समय पर प्रमुख पद कोरखते हुए और तेजीसे मिटने वाले पदोंकोछोड़ते हुए।

यह साफ़ गणितीय नतीजाहै। इसकीसीमाउतनीहीमहत्वपूर्ण है: गणनाएक प्रस्तावित सिद्धांत के भीतर है, और ठोस उदाहरणों में इस्तेमाल Friedmann ब्रह्मांडीय मॉडल पूरे GfE समीकरणोंके सटीक समाधान नहींबल्कि **अनुमान** हैं। पूरे समीकरण प्रस्तावित GfE ऐक्शन में परिवर्तन करके निकाले जाते हैं और उनमें गतिशील G-field तथाउच्च-क्रम ज्यामितीय क्षेत्र शामिल हैं जोसामान्य Friedmann समीकरणोंमें नहींहोते। शोधपत्र एंट्रॉपीकोगुरुत्वाकर्षण बनते हुए देखतानहीं, हमारे ब्रह्मांड कीठोस एनर्जीकीपहचान नहींकरताऔर पूर्ण क्वांटम-गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत नहींदेता।

Gravity From Entropy क्यामानताहै

सामान्य सापेक्षतागुरुत्वाकर्षण कोस्पेसटाइम कीज्यामिति से वर्णित करतीहै। पदार्थ ज्यामिति कोवक्र करताहै और वक्रतापदार्थ कीगति तय करतीहै। GfE एक अलग प्रस्तावित ऐक्शन से शुरू होताहै: मेट्रिक से जुड़ीवस्तुओं कोक्वांटम ऑपरेटरोंकीतरह मानताहै और अपनालैग्रेंजियन **Geometric Quantum Relative Entropy** (GQRE) से बनाताहै।

120 सेकंड में तीन शब्द

क्वांटम ऑपरेटर एक गणितीय नियम है जो क्वांटम अवस्था पर काम करता है और किसी राशि या रूपांतरण का प्रतिनिधित्व करता है। GfE मानता है कि उसकी मेट्रिक-संबंधित वस्तुओं को इस तरह माना जा सकता है; इस लेख का पाठक उस पूरी गणितीय रचना को देखे बिना भी बनने के लिए नहीं है।
लैग्रेंजियन किसी सिद्धांत की गतिशीलता का संक्षिप्त गणितीय नुस्खा है। इसे स्पेसटाइम पर समाकलित करके ऐक्शन मिलता है, और ऐक्शन में परिवर्तन करके फ़ील्ड समीकरण निकाले जाते हैं।
GQRE GfE का मॉडल-विशिष्ट लैग्रेंजियन है। यह क्वांटम रिलेटिव एंट्रॉपी के विचार को भौतिक मेट्रिक और पदार्थ/वक्रता से प्रेरित उच्च-क्रम मेट्रिक की तुलना में डालता है। इसे "एंट्रॉपी" कहना इसे सामान्य ऊष्मीय एंट्रॉपी नहीं बना देता।

रिलेटिव एंट्रॉपी आम तौर पर दो प्रायिकता वितरणों या क्वांटम अवस्थाओं के बीच भेद्यता मापती है। GfE में तुलना भौतिक मेट्रिक और पदार्थ/वक्रता से प्रेरित उच्च-क्रम मेट्रिक के बीच है। "उच्च-क्रम" का अर्थ अतिरिक्त स्पेसटाइम डिग्री नहीं है। मॉडल स्केलर, वेक्टर-जैसे और बाइवेक्टर-जैसे ज्यामितीय क्षेत्रों को एक बड़ी वस्तु में समेटता है। गतिशील **G-field** इन घटकों को जोड़ता है और गुरुत्वाकर्षण तथा पदार्थ वाले हिस्सों में इस्तेमाल मेट्रिक को प्रभावी रूप देता है। ढाँचा इस तरह बनाया गया है कि कम-ऊर्जा, कम-वक्रता सीमा में उसका ऐक्शन सामान्य सापेक्षता के Einstein-Hilbert ऐक्शन और पदार्थ-ऐक्शन में घट जाए।

इस वाक्य से जरूरत से ज्यादा निष्कर्ष नहीं निकालना चाहिए। किसी सीमा में Einstein समीकरण वापस पाना प्रस्ताव के लिए संगत की कसौटी है; इससे यह साबित नहीं होता कि उस सीमा के बाहर प्रकृति बड़े सिद्धांत का इस्तेमाल करती है।

GfE फ़ील्ड समीकरणों में एक गतिशील पद भी है जिसे ढाँचा **उभरता प्रभावी डार्क-एनर्जी पद** कहता है। इस शोधपत्र में Bianconi मॉडल के आंतरिक-ऊर्जा घनत्व को उससे जोड़ती हैं। "प्रभावी डार्क एनर्जी" समीकरण में उसकी भूमिका बताती है; यह प्रेक्षणात्मक ब्रह्मांड-विज्ञान से निकाली गई डार्क एनर्जी के साथ कोई प्रायोगिक पहचान नहीं है।

"Entropy" शब्द के तीन अलग इस्तेमाल

सामान्य ऊष्मागतिकी एंट्रॉपी बताती है कि कितनी सूक्ष्म व्यवस्थाएँ एक स्थूल अवस्था दे सकती हैं। **क्वांटम रिलेटिव एंट्रॉपी** दो क्वांटम अवस्थाओं की भेद्यता मापती है। इस शोधपत्र की **GQRE** रिलेटिव एंट्रॉपी से प्रेरित मॉडल-विशिष्ट ज्यामितीय रचना है और गुरुत्वीय लैग्रेंजियन के रूप में इस्तेमाल होती है। नाम मिलते-जुलते हैं, राशियाँ एक-दूसरे की जगह नहीं रखी जा सकतीं; GfE के भीतर जिन संबंधों की जरूरत है, शोधपत्र उन्हें निकालता है।

मॉडल के भीतर सटीक ऊष्मागतिकी नतीजा

शोधपत्र पहले GfE ढाँचे के अपने स्तर पर काम करता है। हर क्रम और ज्यामितीय स्वतंत्रता-डिग्री के प्रकार के लिए, index k के साथ, यह परिभाषित करता है:

- GQRE से स्थानीय k-एंट्रॉपी,
- मॉडल की आंतरिक-ऊर्जा घनत्व से स्थानीय k-ऊर्जा,
- संयुग्मी k-तापमान;
- और k-दाब।

ये रश्मियाँस्थानीय पहले नियम कापालन करतीहैं। शोधपत्र के संकेत-लेखन में,

$$\delta\epsilon_k = \theta_k\,\delta s_k - \pi_k\,\delta v$$

सूचकांक k अलग पदार्थोयाब्रह्मांडीय युगोकीसूचीनहींहै। समरूप/समदैशिक गणनामें यह पाँच प्रविष्टियोंकोचिन्हित करताहै: एक स्केलर प्रविष्टि; वेक्टर-जैसे क्षेत्र से अलग समय-जैसीऔर स्थान-जैसीप्रविष्टियाँ; और बहुवेक्टर-जैसे क्षेत्र से अलग समय-स्थान तथास्थान-स्थान प्रविष्टियाँ। स्केलर काकोई दिशात्मक सूचकांक नहीं; वेक्टर-जैसा क्षेत्र समय और स्थान कीदिशाओं कोअलग करताहै; बहुवेक्टर दिशाओं कीजोड़ियोंसे बनताहै। हर क्षेत्र अपनातापमान और दाब रख सकताहै। संबंधित G-field घटक के अनुसार k-तापमान धनात्मक याऋणात्मक भीहोसकताहै।

ये तापमान ब्रह्मांडीय क्षितिज के पास थर्मामीटर रखकर मापे गए तापमान नहींहैं। मानक de Sitter क्वांटम-फ़ील्ड तापमान H के साथ बदलताहै: **Gibbons-Hawking तापमान** ब्रह्मांडीय क्षितिज कोदियाजाताहै, जबकि **Bunch-Davies vacuum** मानक de Sitter-अपरिवर्तीक्वांटम अवस्थाहै जिसके फ़ील्ड सहसंबंध उससे जुड़ीऊष्मीय प्रतिक्रियादेते हैं। शोधपत्र इन्हें अपने ज्यामितीय k-तापमानोंसे साफ़ अलग करताहै, जोde Sitter उदाहरण में H^2 के साथ बदलते हैं। यहाँ“तापमान” एंट्रॉपीऔर ऊर्जाकीपरिभाषाओं से निकले ऊष्मागतिक सहचर चर कानाम है।

इसलिए पहले नियम जैसीयह संरचनासचमुच व्युत्पन्न कीगई है, लेकिन निष्कर्ष GfE के भीतर काहै: GfE ऐक्शन और उसकीपरिभाषाएँ मान लें, तोयह ऊष्मागतिक संबंध निकलताहै।

Friedmann गणनाएक सन्निकटन क्योंहै

औपचारिक ढाँचे कोब्रह्मांडीय उदाहरण में लगाने के लिए शोधपत्र समरूप और समदैशिक Friedmann-Robertson-Walker (FRW) स्पेसटाइम इस्तेमाल करताहै। “समरूप” कामतलब बड़े पैमाने के मॉडल कीऔसत विशेषताएँ हर स्थान पर समान; “समदैशिक” कामतलब हर दिशामें समान। एक स्केल-फैक्टर बतताहै कि दूरियाँसमय के साथ कैसे बढ़तीहैं; पदार्थ कोचिकना परिपूर्ण द्रव माजाताहै; Hubble पैरामीटर H विस्तार कीदर कोसंक्षेप में बतताहै। यह अलग-अलग आकाशगंगाओं का नक्शानहीं; एक आदर्शीकृत पृष्ठभूमि है।

लेकिन यहाँसंरचनात्मक अंतर है। Friedmann ब्रह्मांड Einstein समीकरणोंकोहल करते हैं। वे समान्य रूप से पूरे उच्च-क्रम GfE समीकरणोंकोहल नहींकरते, जोस्केलर, वेक्टर-जैसे, बहुवेक्टर-जैसे क्षेत्रोंऔर G-field के अवकलजोंपर भी नज़र रखते हैं। Einstein समीकरण प्रस्ताव कीप्रथम-क्रम, कम-ऊर्जा, कम-वक्रतासीमामें हीवापस आते हैं।

शोधपत्र यह बात सीधे कहताहै और Friedmann समाधानोंकोसन्निकटन कीतरह इस्तेमाल करताहै — कुछ वैसाजैसे किसी अधिक पूर्ण सिद्धांत में मीन-फ़ील्ड समाधान डालकर जाँचाजाए कि सन्निकटन कहाँभरोसेमंद रहताहै। इस क्षेत्र में कम ऊर्जाऔर कम वक्रताचाहिए, जिसे $l_P H \ll 1$ से संक्षेपित कियागयाहै, जहाँl_P Planck लंबाई है। दूसरीशर्त प्रेरित उच्च-क्रम मेट्रिक और व्युत्क्रम भौतिक उच्च-क्रम मेट्रिक के गुणनफल कोधनात्मक-निश्चित रहने देतीहै।

इसलिए नतीजा“GfE हमारे ब्रह्मांड काइतिहास भविष्यवाणीकरताहै” नहींहै। अधिक सहीपढ़ाई है: **यदि GfE ब्रह्मांड कोपरिचित Friedmann ब्रह्मांड-विज्ञान से पर्याप्त अच्छीतरह सन्निकट कियाजासकताहै, तोपूरे GfE कीरश्मियाँये ऊष्मागतिक स्केलिंग देतीहैं।**

स्थानीय बनाम कुल परिणाम

इस अवस्था में अग्रणी स्थानीय राशियाँ सरल स्केलिंग दिखाती हैं:

- मॉडल का एंट्रॉपी घनत्व H^2 के साथ बदलता है;
- मॉडल का ऊर्जा घनत्व H^4 के साथ बदलता है;
- देर-समय वाले गैर-de Sitter Friedmann उदाहरणों में ये लगभग t^{-2} और t^{-4} बनते हैं।

इसलिए विस्तार के साथ दोनों घनत्व गिरते हैं। लेकिन घनत्व कुल मात्रा नहीं है।

शोधपत्र फैलते स्पेसटाइम क्षेत्र पर समाकलन करता है तो बढ़ता आयतन उत्तर बदल देता है। परिचित पदार्थ-प्रधान और विकिरण-प्रधान उदाहरणों में प्रति इकाई आयतन एंट्रॉपी घटने के बावजूद कुल एंट्रॉपी समय के साथ बढ़ती है। कुल ऊर्जा लगातार नहीं बढ़ती; अग्रणी क्रम पर वह स्थिर मान के पास पहुँचती है।

यह शोधपत्र का सबसे उपयोगी वैचारिक निष्कर्ष है। स्थानीय पतलापन या क्रमबद्धता अपने आप वैश्विक दूसरे नियम से नहीं टकराती। यदि स्पेसटाइम का आयतन तेजी से बढ़ रहा हो, तो एंट्रॉपी घनत्व घट सकता है और समाकलित एंट्रॉपी फिर भी बढ़ सकती है।

गणना यह साबित नहीं करती कि वास्तविक ब्रह्मांड में समय के ऊष्मागतिकी तीर की सूक्ष्म व्याख्या यही है। वह दिखाती है कि प्रस्तावित ढाँचा अपने Friedmann सन्निकटन में स्थानीय और वैश्विक परिणामों को बिना विरोधाभास के साथ रख सकता है।

de Sitter तुलना, लेकिन अलग तापमान के साथ

शोधपत्र de Sitter स्पेस भी देखता है — स्थिर H वाला आदर्शीकृत, घातांकीय रूप से फैलता स्पेसटाइम। एक पर्यवेक्षक के लिए केवल सीमित **कारणात्मक डायमंड** पर समाकलन किया जाता है: पहले की घटना के भविष्य प्रकाश-शंकु और बाद की घटना के अतीत प्रकाश-शंकु का आंतरिक भाग, यानी वह स्पेसटाइम क्षेत्र जो उन दोनों घटनाओं के बीच अवलोकन में भाग ले सकता है। इस डायमंड में कुल GfE एंट्रॉपी H^{-2} के साथ बदलती है, वही H-स्केलिंग जो परिचित Gibbons-Hawking एंट्रॉपी की है। कुल GfE ऊर्जा मॉडल की इकाइयों में लगभग एक के क्रम की है।

> **ब्रह्मांडीय पृष्ठभूमियों का एक परिवार**
>
> FRW समरूप/समदैशिक ज्यामितियों का परिवार है, कोई अलग जगह नहीं। पदार्थ-प्रधान और विकिरण-प्रधान ब्रह्मांड उसी परिवार के मामले हैं, उनमें क्या भरा है इसके आधार पर अलग। de Sitter स्पेस भी FRW रूप में लिखा जा सकता है, लेकिन स्थिर H और घातांकीय विस्तार वाला निर्वात-प्रधान मामला है। कारणात्मक डायमंड उसी स्पेसटाइम में पर्यवेक्षक के लिए चुना सीमित क्षेत्र है; कोई अलग ब्रह्मांड नहीं।

स्केलिंग का मेल उसी भौतिकी का वस्तु कोनकिल देना नहीं है। संबंधित GfE k-तापमान H^2 के साथ बदलता है, जबकि मानक de Sitter तापमान H के साथ। शोधपत्र इस अंतर को इस संकेत के रूप में देखता है कि k-तापमान स्पेसटाइम की ज्यामिति से जुड़ा है, पृष्ठभूमि पर क्वांटम फील्ड से नहीं।

फिर यह सुझाव देता है कि ऐसा तापमान सामान्य कण-उत्सर्जन की जगह ग्रैविटॉन विकिरण से जुड़ा *हो सकता* है। यह भविष्य का प्रश्न है, इस शोधपत्र का नतीजा नहीं। सिद्धांत का पहले क्वांटीकरण करना होगा; तभी पता चलेगा कि उसके तापमान किसी

वकिरिण से मेल खाते हैं यानही।

यह क्यासाबित नहीकरता

- यह प्रेक्षणात्मक रूप से नहीदखिताकि गुरुत्वाकर्षण एंट्रॉपीसे उभरताहै।
- यह स्थापित नहीकरताकि मॉडल काप्रभावीपद ब्रह्मांड-वज्ञिान में मापीगई डार्क एनर्जीहै।
- यह समग्र साक्ष्यताकोकिसीसद्धि रूप से बेहतर सद्धिांत से प्रतस्थिापित नहीकरता; GR प्रस्ताव कीकम-ऊर्जा, कम-वक्रतासीमाहै।
- यह Friedmann ब्रह्मांडीय मॉडलोंकोसटीक GfE समाधान नहीबनता; वे ऊष्मागतिकि व्यवहार काअनुमान लगाने वाले सन्नकिटन हैं।
- यह स्पेसटाइम कीस्वतंत्रताऽडग्रियोंकीपूरीसूक्ष्म गणनानहीनकिालता।
- यह पूर्ण क्वांटम-गुरुत्वाकर्षण सद्धिांत याग्रैविटॉन कीपहचान नहीदेता।
- यह नहीदखिताकि ऋणात्मक k-तापमान समग्र थर्मामीटर कीऋणात्मक रीडगि हैं।

नतीजाकितनामजबूत है?

यह सहकर्मीसमीक्षति सैद्धांतकि शोधपत्र है, इसलिए यहाँ"साक्ष्य" काअर्थ प्रयोग से अलग है। सहीसवाल हैं: क्या परभिाषाएँ संगत हैं? क्यावयुुत्पत्तयिाँउनसे नकिलतीहैं? क्यासन्नकिटन साफ़ और नयिंत्रति हैं?

उस स्तर पर शोधपत्र GfE के लिए ठोस ऊष्मागतिकि शब्दावलीदेताहै और केवल उपमापर नर्भिर रहने के बजाय पहले नयिम कीसंरचनानकिालताहै। सन्नकिटन कीसीमाभीअसमग्र रूप से स्पष्ट है: Friedmann समाधान GR से लिए जाते हैं, उनमें GfE रायाँडालीजातीहैं और नतीजे उस क्षेत्र तक सीमति हैं जहाँप्रेरति मेट्रकि अच्छीतरह व्यवहार करतीहैं।

बड़े भौतकि दावे खुले हैं। ढाँचानयाहै, शोधपत्र ब्रह्मांड-वज्ञिान कीडेटासे तुलनानहीकरता, और क्वांटीकरण, कॉन्टैक्ट-ज्यामतिीय गतशिीलतातथासंभावति ग्रैविटॉन वकिरिण जैसीदलिचस्प परणितयिाँभवषि्य के काम के रूप में दीगई हैं। आंतरकि संगतता किसीनए गुरुत्वाकर्षण सद्धिांत के लिए जरूरीहै; प्रकृतकिा वर्णन करने के लिए पर्याप्त नहीं।

यह क्योमायने रखताहै

गुरुत्वाकर्षण और ऊष्मागतिकीकासंबंध पुराना और गहराहै — ब्लैक-होल एंट्रॉपीसे de Sitter तापमान तक। इनमें से कई नतीजे क्षतिजिोंके आसपास संगठति हैं। GfE इसके बजाय पदार्थ और ज्यामतिि के संबंध से स्थानीय, आयतन-आधारति सूचनाको बनाने कीकोशशि करताहै।

यह प्रस्ताव टकिगायानहीं; खुलाप्रश्न है। लेकनि यह ऊष्मागतिकि अभ्यास किसीभीऐसे सद्धिांत के लिए उपयोगीलक्ष्य उजागर करताहै: फैलते ब्रह्मांड में स्थानीय संरचनाऔर घटतास्थानीय एंट्रॉपीघनत्व बढ़तीकुल एंट्रॉपीके साथ कैसे रह सकते हैं?

यह शोधपत्र एक गणतिीय रूप से स्पष्ट तरीकादखिताहै। इसकाअर्थ यह नहीकि गुरुत्वाकर्षण-एंट्रॉपीकीसमस्याबंद हो गई; महत्व यह है कि समस्याकाएक हस्सिाऐसे समीकरणोंमें बदलताहै जनिकीधारणाएँ, सीमाएँ और अगलीजाँचें साफ़ कही जासकतीहैं।

संक्षेप में

Bianconi Gravity From Entropy के भीतर एक ऊष्मगतिकि वर्णन निकालतीहैं — Geometric Quantum Relative Entropy पर आधारति एक प्रस्तावति संशोधति-गुरुत्व ढाँचा। मॉडल कीस्थानीय एंट्रॉपी, ऊर्जा, तापमान और दाब कीराशियाँ पहले नियम कापालन करतीहैं। पूरे GfE कीराशियोंकोकम-ऊर्जा, कम-वक्रतावाले Friedmann सन्निकटनोंपर आँकने पर स्थानीय एंट्रॉपीऔर ऊर्जाघनत्व वस्तार के साथ गरिते हैं, जबकि बढ़तास्पेसटाइम आयतन कुल एंट्रॉपीकोबढ़ताहै; पदार्थ- और विकिरण-प्रधान उदाहरणोंमें अग्रणीक्रम पर कुल ऊर्जास्थरि मान के पास पहुँचतीहै। de Sitter कारणात्मक डायमंड कीएंट्रॉपी H^{-2} स्केलगि देतीहै, लेकनि मॉडल कातापमान मानक क्षतिजि-तापमान से अलग है। ये GfE के भीतर सशर्त गणतिीय नतीजे हैं — गुरुत्वाकर्षण एंट्रॉपीसे आताहै इसकाप्रेक्षणात्मक साक्ष्य, मापीगई डार्क एनर्जीकीव्याख्या यापूर्ण क्वंटम-गुरुत्वाकर्षण सद्धिंत नहीं।

स्रोत

Ginestra Bianconi, Thermodynamics of the gravity from entropy theory, Physical Review D 114, 024042 (2026)
https://doi.org/10.1103/26kn-thgp