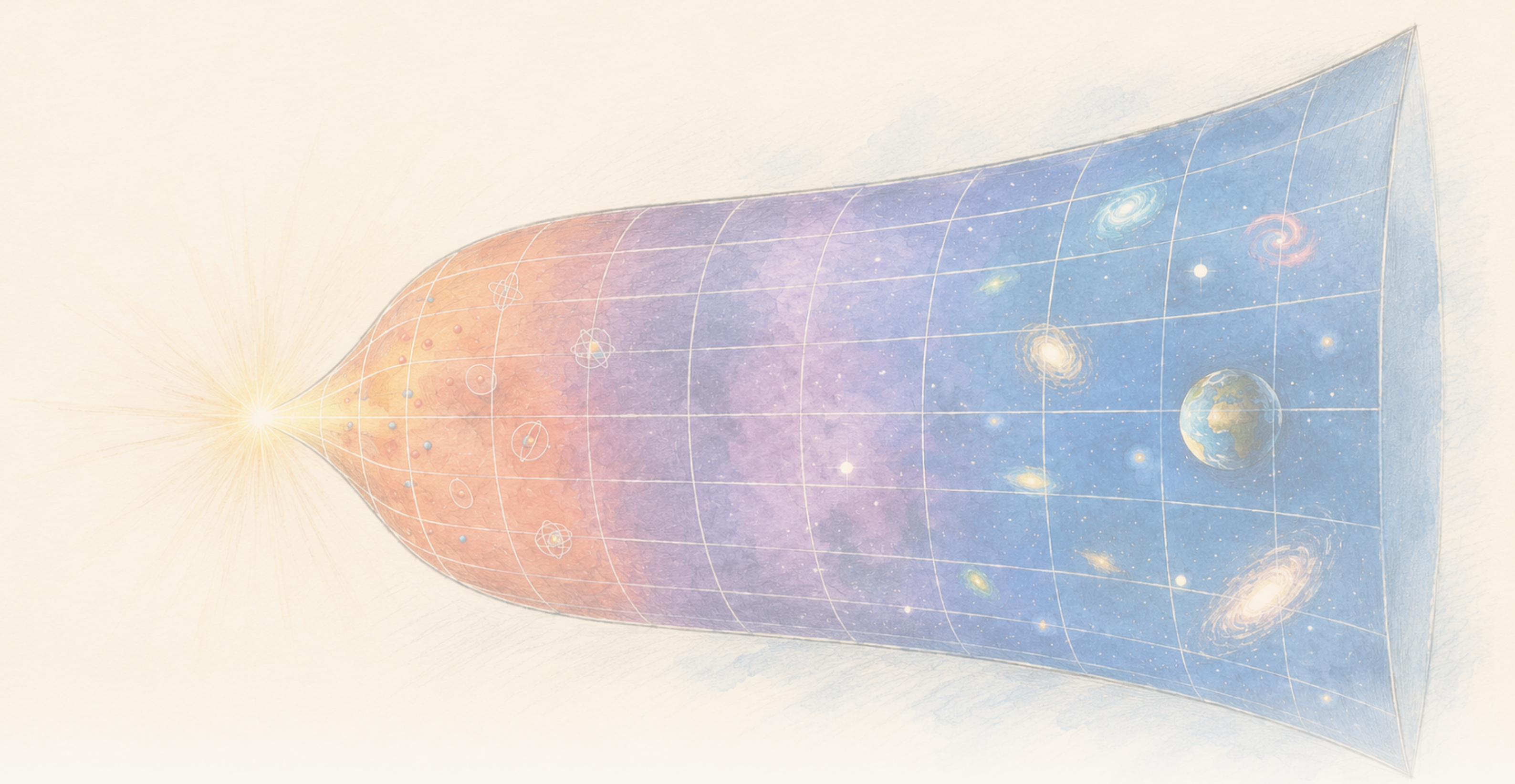

The Clean Paper

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

Entropy-based gravity model کے اندر local entropy density گھٹتی ہے جبکہ کل entropy بڑھتی ہے

Physical Review D کے ایک مقالے میں Gravity From Entropy کے اندر temperatures، pressures اور first law derive کیے گئے ہیں۔ Late-time، low-curvature Friedmann approximation میں model کی local entropy اور energy densities کم ہوتی ہیں، جبکہ expansion total entropy بڑھا دیتی ہے۔ Calculation internally concrete مگر conditional ہے: Friedmann cosmologies full theory کے exact solutions نہیں، اور یہ observational evidence نہیں کہ gravity entropy سے آتی ہے، measured dark energy کی explanation نہیں، اور completed quantum-gravity theory بھی نہیں۔

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: 1103/26kn-thgp.10

بڑھتا ہوا حجم کثافت کو کم کرتے ہوئے کل مقدار کو بڑھا سکتا ہے

اگر اس ماڈل میں کائنات کے پھیلنے کے ساتھ اینٹروپی کثافت کم ہوتی ہے، تو کل اینٹروپی پھر بھی کیسے بڑھ سکتی ہے؟

ایک پھیلتی ہوئی کائنات کو بہت سے چھوٹے خانوں میں تقسیم کر کے تصور کریں۔ ہر خانے میں کسی چیز کی مقدار کم ہو سکتی ہے، جبکہ پورے بڑھتے ہوئے علاقے میں اسی چیز کی کل مقدار بڑھ رہی ہو۔ جب خود حجم بدل رہا ہو تو کثافت کا کم ہونا اور کل کا بڑھنا ایک دوسرے کی ضد نہیں۔

یہ سادہ حسابی مسئلہ ایک کہیں زیادہ بلند ہدف رکھنے والے نظریاتی مقالے کے مرکز میں ہے۔ *Physical* جائزہ *D* میں ریاضیاتی طبیعیات دان Bianconi Ginestra **Entropy From Gravity** (GfE) کی ایک حراریاتی تعبیر پیش کرتی ہیں۔ GfE ایک حالیہ مجوزہ ماڈل ہے جس میں کششِ ثقل کو مادے اور جیومیٹری کے درمیان نظریۂ معلومات سے اخذ کردہ تعلق کے ذریعے بیان کیا جاتا ہے۔ یہاں "نظریۂ معلومات" سے مراد ایک ایسا ریاضیاتی پیمانہ ہے جو دو جیومیٹریائی بیانوں کے فرق کو ناپتا ہے: طبعی جیومیٹری، اور وہ جیومیٹری جو مادے اور خمیدگی سے پیدا ہوتی ہے۔

مقالہ مقامی مقداریں اخذ کرتا ہے جنہیں k-اینٹروپی، k-توانائی، k-درجۂ حرارت اور k-دباؤ کہا گیا ہے۔ سابقہ k ماڈل کے مختلف جیومیٹریائی شعبوں کو الگ کرتا ہے؛ یہ مختلف مادّوں یا کائناتی ادوار کی علامت نہیں۔ ان کے پہلے قانون کی حسابی شکل حراریات سے مشابہ ہے: توانائی میں تبدیلی کو درجۂ حرارت ضرب اینٹروپی کی تبدیلی، منفی دباؤ ضرب حجم کی تبدیلی سے جوڑا جاتا ہے۔

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

پھر مقالہ انہی مقداروں کو پھیلتی ہوئی Friedmann کائناتی صورتوں میں پرکھتا ہے: وہ معیاری مثالی کائناتیں جنہیں بڑے پیمانے پر ہم جنس اور ہر سمت یکساں سمجھا جاتا ہے۔ کم توانائی اور کم خمیدگی کی حد میں، مادہ غالب اور تابکاری غالب مثالوں میں مقامی اینٹروپی اور توانائی کی کثافتیں کم ہوتی ہیں، مگر پھیلاؤ اتنا حجم بڑھا دیتا ہے کہ کل اینٹروپی بڑھتی رہتی ہے۔ غالب درجے پر کل توانائی ایک مستقل قدر کی طرف جاتی ہے؛ یعنی بہت دیر کے وقت وہی اصطلاح رکھی جاتی ہے جو غالب ہو اور تیزی سے ماند پڑنے والی اصطلاحات چھوڑ دی جاتی ہیں۔

یہ ایک واضح ریاضیاتی نتیجہ ہے، مگر اس کی حد بھی اتنی ہی اہم ہے: حساب **ایک مجوزہ نظریے کے اندر** کیا گیا ہے، اور مثالوں میں استعمال ہونے والی Friedmann کائناتی صورتیں مکمل GfE مساوات کے **تقریبی** حل ہیں، عین حل نہیں۔ مکمل GfE مساوات کے مجوزہ عمل میں تغیر سے نکلتی ہیں اور ان میں حرکی فیلڈ-G کے ساتھ اعلیٰ درجے کے جیومیٹریائی شعبے بھی شامل ہیں جو عام Friedmann مساوات میں موجود نہیں۔ مقالہ نہ یہ مشاہدہ کرتا ہے کہ اینٹروپی کششِ ثقل پیدا کرتی ہے، نہ ہماری کائنات کی تاریک توانائی کی شناخت کرتا ہے، اور نہ کوانٹم کششِ ثقل کا مکمل نظریہ پیش کرتا ہے۔

کششِ ثقل سے اینٹروپی کیا فرض کرتا ہے

عمومی اضافیت کششِ ثقل کو زمان و مکان کی جیومیٹری سے بیان کرتی ہے۔ مادہ زمان و مکان کو بتاتا ہے کہ اسے کیسے خمیدہ ہونا ہے، اور خمیدگی مادے کو بتاتی ہے کہ اسے کیسے حرکت کرنی ہے۔ GfE ایک مختلف مجوزہ نقطۂ آغاز لیتا ہے: میٹرک سے متعلق اشیا کو کوانٹم آپریٹر سمجھا جاتا ہے اور نظریے کا لاگرانژی ایک **جیومیٹریائی کوانٹم نسبتی اینٹروپی** (GQRE) سے بنایا جاتا ہے۔

تین اصطلاحات، 120 seconds میں

کرتا نمائندگی کی تبدیلی یا مقدار پیمائش قابلِ کسی اور ہے کرتا عمل پر حالت کوانٹم جو ہے قاعدہ ریاضیاتی ایک **آپریٹر کوانٹم** اس سے قاری میں مضمون اس ہے، سکتا جا برتا میں انداز اسی بھی کو اشیا متعلق سے میٹرک کہ ہے کرتا فرض GfE ہے۔ نہیں۔ توقع کی کرنے اخذ ازسرِنو کو ڈھانچے پورے

لاگرانژی کسی نظریے کی حرکیات کو سمیٹنے والا مختصر ریاضیاتی نسخہ ہے۔ اسے زمان و مکان پر مجتمع کرنے سے عمل حاصل ہوتا ہے، اور پھر عمل میں تغیر دے کر فیلڈ مساوات نکالی جاتی ہیں۔

GQRE، GfE کی مخصوص لاگرانژی ہے۔ یہ کوانٹم نسبتی اینٹروپی کے خیال کو ڈھال کر طبعی میٹرک کا موازنہ اس اعلیٰ درجے کے میٹرک سے کرتی ہے جو مادے اور خمیدگی سے پیدا ہوتا ہے۔ اسے اینٹروپی کہنا اسے عام حراریاتی اینٹروپی نہیں بنا دیتا۔

نسبتی اینٹروپی عموماً دو احتمالی تقسیموں یا دو کوانٹم حالتوں کے درمیان امتیاز پذیری کا پیمانہ ہوتی ہے۔ GfE میں موازنہ طبعی میٹرک اور مادے و خمیدگی سے پیدا ہونے والے اعلیٰ درجے کے میٹرک کے درمیان ہے۔ "اعلیٰ درجہ" سے مراد اضافی زمانی یا مکانی ابعاد نہیں، ماڈل اسکیلر، ویکٹر نما اور بائی ویکٹر نما جیومیٹریائی شعبوں کو ایک بڑے ریاضیاتی عنصر میں یکجا کرتا ہے۔ ایک حرکی **G-فیلڈ** ان اجزا کو آپس میں جوڑتی ہے اور کششِ ثقل اور مادے دونوں حصوں میں استعمال ہونے والے میٹرک میں ترمیم کرتی ہے۔ فریم ورک اس طرح بنایا گیا ہے کہ کم توانائی اور کم خمیدگی کی حد میں اس کا عمل عمومی اضافیت کے Einstein–Hilbert عمل اور مادے کے عمل تک محدود ہو جائے۔

اس آخری بات کو ضرورت سے زیادہ بڑھانا آسان ہے۔ کسی حد میں Einstein مساوات واپس مل جانا تجویز کے لیے داخلی مطابقت کا ایک ہدف ہے؛ اس سے یہ ثابت نہیں ہوتا کہ فطرت اسی حد سے باہر بھی یہی بڑا نظریہ استعمال کرتی ہے۔

GfE کی فیلڈ مساوات میں ایک حرکی اصطلاح بھی ہے جسے فریم ورک **ابھرتی ہوئی مؤثر تاریک توانائی کی اصطلاح** کہتا ہے۔ اس مقالے میں Bianconi ماڈل کی داخلی توانائی کی کثافت کو اسی اصطلاح سے جوڑتی ہیں۔ "مؤثر تاریک توانائی" یہاں مساوات میں اس کے کردار کا نام ہے، کائناتی مشاہدات سے اخذ کردہ تاریک توانائی کے ساتھ تجرباتی شناخت نہیں۔

لفظ "اینٹروپی" کے تین مختلف استعمال

اینٹروپی نسبتی کوانٹم ہیں۔ سکتی کر پیدا حالت کلّی ایک ترتیبیں خردبینی کتنی کہ ہے کرتی بیان یہ **اینٹروپی حراریاتی عام** متاثر سے اینٹروپی نسبتی **GQRE** کی مقالے اس ہیں۔ امتیاز قابلِ کتنی سے دوسرے ایک حالتیں کوانٹم دو کہ ہے ناپتی یہ مقداروں ان نام چلتے ملتے ہے۔ گیا کیا استعمال پر طور کے لاگرانژی ثقلی جسے ہے ساخت جیومیٹریائی ماڈل-مخصوص ایک ہے۔ کرتا اخذ سے الگ تعلقات مطلوبہ درمیان کے ان اندر کے GfE مقالہ بناتے؛ نہیں چیز ھی ایک کو

ماڈل کے اندر عین تھرموڈائنامک نتیجہ

مقالہ پہلے خود GfE فریم ورک کی سطح پر کام کرتا ہے۔ جیومیٹری کے ہر درجے اور قسم کے درجۂ آزادی کے لیے، جسے k سے نشان زد کیا گیا ہے، یہ درج ذیل مقداریں متعین کرتا ہے:

- GQRE سے مقامی اینٹروپی،k-
- ماڈل کی داخلی-توانائی کثافت سے مقامی توانائی،k-

- conjugate درجۂ-k حرارت؛
- اور دباؤ-k۔

یہ مقداریں ایک مقامی پہلے قانون کی پابندی کرتی ہیں۔ مقالے کی علامت نویسی میں:

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

اشاریہ k مختلف مادّوں یا کائنات کے ادوار کی فہرست نہیں۔ ہم جنس اور ہر سمت یکساں حساب میں یہ پانچ اندراجات کو نشان زد کرتا ہے: ایک اسکیلر اندراج، ویکٹر نما شعبے سے الگ زمانی اور مکانی اندراجات، اور بائی ویکٹر نما شعبے سے الگ زمان-مکان اور مکان-مکان اندراجات۔ اسکیلر کا سمتی اشاریہ نہیں، ویکٹر نما اندراجات زمانی اور مکانی سمتوں میں فرق کرتے ہیں، جبکہ بائی ویکٹر سمتوں کے جوڑوں سے بنتا ہے۔ ہر شعبے کا اپنا درجۂ حرارت اور دباؤ ہو سکتا ہے۔ متعلقہ فیلڈ-G جزو کے لحاظ سے درجۂ-k حرارت مثبت یا منفی بھی ہو سکتا ہے۔

یہ وہ درجۂ حرارت نہیں جنہیں کائناتی افق کے پاس تھرمامیٹر رکھ کر ناپا جا سکے۔ معیاری de Sitter کوانٹم فیلڈ درجۂ حرارت H کے ساتھ بدلتا ہے: **Gibbons–Hawking درجۂ حرارت** کائناتی افق سے منسوب ہے، جبکہ **Bunch–Davies vacuum** معیاری de Sitter کوانٹم حالت ہے جس کے فیلڈ باہمی تعلقات متعلقہ حرارتی ردِعمل دیتے ہیں۔ مقالہ ان دونوں کو اپنی جیومیٹریائی درجۂ-k حرارت سے صاف الگ کرتا ہے، جو de Sitter مثال میں H^2 کے ساتھ بدلتے ہیں۔ یہاں "درجۂ حرارت" ماڈل کی اینٹروپی اور توانائی کی تعریفوں سے اخذ شدہ حراریاتی ہمزاد متغیر کا نام ہے۔

اس لیے پہلے قانون کی شناخت واقعی اخذ کی گئی ہے، مگر یہ **داخلی نتیجہ** ہے: اگر GfE کا عمل اور اس کی تعریفیں قبول کی جائیں تو یہ حراریاتی ساخت ان سے نکلتی ہے۔

Friedmann حساب تقریب کیوں ہے

ریاضیاتی قالب کو کائناتی مثال میں بدلنے کے لیے مقالہ ہم جنس اور ہر سمت یکساں چلنے والا Friedmann–Robertson–والا نمونہ (FRW) زمان و مکان استعمال کرتا ہے۔ "ہم جنس" کا مطلب ہے کہ بڑے پیمانے پر اوسط خصوصیات ہر جگہ ایک جیسی ہیں؛ "ہر سمت یکساں" کا مطلب ہے کہ ہر سمت میں منظر ایک سا ہے۔ پیمانہ عامل بتاتا ہے کہ فاصلے وقت کے ساتھ کیسے بڑھتے ہیں، مادے کو ہموار کامل سیال کے طور پر ظاہر کیا جاتا ہے، اور Hubble پیرامیٹر H پھیلاؤ کی شرح کو سمیٹتا ہے۔ یہ ایک مثالی پس منظر ہے، الگ الگ کہکشاؤں کا نقشہ نہیں۔

لیکن یہاں ایک ساختی عدم مطابقت ہے۔ Friedmann کائناتیں Einstein مساوات حل کرتی ہیں؛ وہ عام طور پر مکمل، اعلیٰ درجے کی GfE مساوات کا حل نہیں ہوتیں، جن میں اسکیلر، ویکٹر نما اور بائی ویکٹر نما شعبوں کے ساتھ فیلڈ-G کے مشتقات بھی شامل ہوتے ہیں۔ Einstein مساوات صرف تجویز کی پہلے درجے، کم توانائی اور کم خمیدگی کی حد میں واپس آتی ہیں۔

مقالہ یہ بات صاف کہتا ہے اور Friedmann حلوں کو تقریب کے طور پر استعمال کرتا ہے۔ اس طریقے کو یوں سمجھا جا سکتا ہے جیسے بڑے نظریے میں اوسط میدان کا ایک حل داخل کر کے دیکھا جائے کہ تقریب کہاں تک قابلِ اعتماد رہتی ہے۔ کم توانائی اور کم خمیدگی ضروری شرطیں ہیں، جنہیں $l_P H \ll 1$ سے سمیٹا گیا ہے، جہاں l_P Planck لمبائی ہے۔ دوسری شرط یہ چاہتی ہے کہ پیدا شدہ اعلیٰ درجے کے میٹرک اور طبعی اعلیٰ درجے کے معکوس میٹرک کا حاصلِ ضرب مثبت معین رہے۔

لہٰذا نتیجہ یہ نہیں کہ "GfE ہماری کائنات کی تاریخ کی پیش گوئی کرتا ہے"۔ زیادہ درست بات یہ ہے: **اگر کسی GfE کائنات کو مانوس Friedmann کائناتی صورت سے اچھی طرح قریب کیا جا سکے، تو مکمل GfE مقداریں یہ حراریاتی پیمانہ بندی دکھاتی ہیں۔**

مقامی اور کل کا فرق

اس حد کے اندر نمایاں مقامی مقداروں کی پیمانہ بندی سادہ ہے:

- ماڈل اینٹروپی کثافت H^2 کے ساتھ پیمانہ کرتی ہے؛
- ماڈل توانائی کثافت H^4 کے ساتھ پیمانہ کرتی ہے؛
- de Sitter سے مختلف Friedmann مثالوں میں دیر کے اوقات پر یہ تقریباً t^{-2} اور t^{-4} بن جاتی ہیں۔

کائنات پھیلنے کے ساتھ دونوں کثافتیں کم ہوتی ہیں، مگر کثافت اور کل مقدار ایک ہی چیز نہیں۔

جب مقالہ پھیلتے ہوئے زمان و مکان کے ایک خطے پر مقداروں کو مجتمع کرتا ہے تو بڑھتا حجم جواب بدل دیتا ہے۔ مادہ غالب اور تابکاری غالب مانوس مثالوں میں کل اینٹروپی وقت کے ساتھ بڑھتی ہے، چاہے فی اکائی حجم اینٹروپی کم ہوتی جائے۔ کل توانائی مسلسل نہیں بڑھتی؛ غالب درجے پر وہ ایک مستقل قدر کی طرف جاتی ہے۔

یہ مقالے کا سب سے مفید تصوری نتیجہ ہے۔ مقامی ترتیب یا کثافت میں کمی لازماً عالمی دوسرے قانون سے متصادم نہیں۔ کسی خطے میں فی اکائی حجم اینٹروپی کم ہو سکتی ہے، جبکہ مجموعی اینٹروپی بڑھتی رہے، کیونکہ زمان و مکان کا حجم اس سے زیادہ تیزی سے بڑھ رہا ہوتا ہے۔

یہ حساب یہ ثابت نہیں کرتا کہ حقیقی کائنات میں حراریاتی وقت کے تیر کی صحیح خردبینی وضاحت یہی ہے۔ یہ صرف دکھاتا ہے کہ مجوزہ فریم ورک اپنی Friedmann تقریب کے اندر مقامی اور مجموعی رویوں کے اس فرق کو تضاد کے بغیر سمو سکتا ہے۔

de Sitter کا موازنہ، مگر درجۂ حرارت مختلف ہے

مقالہ de Sitter زمان و مکان کو بھی دیکھتا ہے، جہاں H مستقل ہے اور پھیلاؤ نمائی ہے۔ ایک مبصر کے لیے حساب صرف ایک محدود سببی ہیرا پر کیا جاتا ہے: ایک پہلے واقعے کے مستقبل کے نوری مخروط اور ایک بعد کے واقعے کے ماضی کے نوری مخروط کا مشترک حصہ، یعنی زمان و مکان کا وہ خطہ جو دونوں کے درمیان مشاہدات میں حصہ لے سکتا ہے۔ اس ہیرے پر کل GfE اینٹروپی H^{-2} کے ساتھ بدلتی ہے، یعنی مانوس Gibbons–Hawking اینٹروپی جیسی پیمانہ-H بندی۔ ماڈل کی اکائیوں میں کل GfE توانائی ایک کے درجے کی ہے۔

> **Cosmological backgrounds کی ایک family**
>
> غالب تابکاری اور غالب مادہ نہیں۔ جگہ الگ کوئی ہے، خاندان ایک کا جیومیٹریوں یکساں سمت ہر اور جنس ہم FRW بھی مکان و زمان de Sitter ہے۔ بھرتا کو ماڈل جو ہے کا مادے اس صرف فرق ہیں، مثالیں کی FRW کائناتیں ہے۔ جاتا سمجھا صورت غالب خلا اسے اور ہے، ہوتا نمائی پھیلاؤ اور مستقل H میں اس مگر ہے، سکتا جا لکھا میں شکل نہیں۔ کائنات دوسری کوئی یہ ہے؛ خطہ محدود منتخب لیے کے مبصر ایک اندر کے مکان و زمان اسی ہیرا سببی

صرف پیمانہ بندی کا مل جانا یہ معنی نہیں رکھتا کہ ایک ہی طبعی شے اخذ ہو گئی ہے۔ متعلقہ GfE درجۂ-k حرارت H^2 کے ساتھ بدلتا ہے، جبکہ معیاری de Sitter درجۂ حرارت H کے ساتھ۔ مقالہ اس فرق کی تعبیر یوں کرتا ہے کہ درجۂ-k حرارت پس منظر پر موجود کوانٹم فیلڈز کے بجائے خود زمان و مکان کی جیومیٹری سے متعلق ہے۔

اس کے بعد یہ امکان پیش کیا جاتا ہے کہ ایسا درجۂ حرارت شاید عام ذرات کے اخراج کے بجائے گریویٹون تابکاری سے متعلق ہو۔

یہ آئندہ کام کا سوال ہے، اس مقالے کا نتیجہ نہیں۔ نظریے کو پہلے کوانٹائز کرنا ہوگا؛ تب ہی معلوم ہو سکے گا کہ اس کے یہ درجۂ حرارت واقعی کسی تابکاری سے مطابقت رکھتے ہیں یا نہیں۔

یہ کیا ثابت نہیں کرتا

- یہ مشاہداتی طور پر نہیں دکھاتا کہ کششِ ثقل اینٹروپی سے ابھرتی ہے۔
- یہ نہیں ثابت کرتا کہ ماڈل کی مؤثر اصطلاح وہی تاریک توانائی ہے جو کائناتی مشاہدات میں ناپی جاتی ہے۔
- یہ عمومی اضافیت کی جگہ کوئی تجرباتی طور پر برتر نظریہ نہیں دیتا۔ یہاں عمومی اضافیت تجویز کی کم توانائی اور کم خمیدگی کی حد کے طور پر سامنے آتی ہے۔
- یہ Friedmann کائناتی صورتوں کو GfE کے عین حل نہیں بناتا۔ وہ ماڈل کے حراریاتی رویے کا اندازہ لگانے کے لیے استعمال ہونے والی تقریبیں ہیں۔
- یہ زمان و مکان کے درجاتِ آزادی کی مکمل خردبینی گنتی نہیں دیتا۔
- یہ مکمل کوانٹم کششِ ثقل کا نظریہ نہیں دیتا اور گریویٹونز کی شناخت نہیں کرتا۔
- یہ منفی درجۂ-k حرارت کو عام تھرمامیٹر کی منفی قرأت نہیں بناتا۔

نتیجہ کتنا مضبوط ہے؟

یہ ہم مرتبہ جائزہ شدہ نظریاتی مقالہ ہے، اس لیے یہاں "شواہد" کا مطلب تجرباتی تحقیق سے مختلف ہے۔ مناسب سوال یہ ہیں: کیا تعریفیں باہم مربوط ہیں؟ کیا اخذ شدہ نتائج واقعی مساوات سے نکلتے ہیں؟ اور کیا تقریبات کی حدود صاف اور قابو میں ہیں؟

اس سطح پر مقالہ GfE کے لیے ایک واضح حراریاتی لغت دیتا ہے اور پہلے قانون کی ساخت اخذ کرتا ہے، محض تشبیہ پر انحصار نہیں کرتا۔ تقریب کی حد بھی غیر معمولی طور پر صاف رکھی گئی ہے: Friedmann حل عمومی اضافیت سے لیے جاتے ہیں، GfE مقداروں میں داخل کیے جاتے ہیں، اور حساب اسی علاقے تک محدود ہے جہاں پیدا شدہ میٹرک مناسب رویہ رکھتا ہے۔

بڑے طبعی دعوے ابھی کھلے ہیں۔ فریم ورک نیا ہے، یہ مقالہ اپنی کائناتی پیش گوئیوں کا اعداد و شمار سے موازنہ نہیں کرتا، اور اس کے کچھ سب سے دلچسپ مضمرات—کوانٹائزیشن، رابطہ-جیومیٹری کی حرکیات اور ممکنہ گریویٹون تابکاری—آئندہ تحقیق کی سمتوں کے طور پر پیش کیے گئے ہیں۔ کسی نئے نظریۂ کششِ ثقل کے لیے داخلی مطابقت ضروری ہے، مگر یہ ثابت کرنے کے لیے کافی نہیں کہ فطرت واقعی اسی نظریے کی پیروی کرتی ہے۔

یہ کیوں اہم ہے

کششِ ثقل اور حراریات کا تعلق پرانا اور گہرا ہے، بلیک ہول کی اینٹروپی سے de Sitter زمان و مکان کے درجۂ حرارت تک۔ ان میں سے بہت سے نتائج افقوں کے گرد منظم ہوتے ہیں۔ GfE اس کے بجائے مادے اور جیومیٹری کے تعلق سے براہِ راست مقامی، حجمی معلوماتی مقداریں بنانے کی کوشش کرتا ہے۔

یہ تجویز قائم رہتی ہے یا نہیں، یہ کھلا سوال ہے۔ لیکن یہ حراریاتی مشق ایسے ہر نظریے کے لیے ایک مفید ہدف واضح کرتی ہے: اسے سمجھانا ہوگا کہ پھیلتی ہوئی کائنات میں مقامی ساخت اور گھٹتی ہوئی مقامی اینٹروپی کثافت، بڑھتی ہوئی کل اینٹروپی کے ساتھ

کیسے ایک ساتھ رہ سکتی ہیں۔

مقالہ ایک واضح ریاضیاتی طریقہ دکھاتا ہے جس سے ایسا ہو سکتا ہے۔ اس کی قدر یہ نہیں کہ اس نے کششِ ثقل اور اینٹروپی کا مسئلہ حل کر دیا، بلکہ یہ اس مسئلے کے ایک حصے کو ایسی مساوات میں بدلتا ہے جن کے مفروضات، حدود اور آئندہ آزمائشیں صاف بیان کی جا سکتی ہیں۔

صاف خلاصہ

Bianconi، Gravity From Entropy کے اندر ایک حراریاتی تعبیر اخذ کرتی ہیں۔ GfE ایک مجوزہ ترمیم شدہ کششِ ثقل کا فریم ورک ہے جو جیومیٹریائی کوانٹم نسبتی اینٹروپی پر مبنی ہے۔ ماڈل کی مقامی اینٹروپی، توانائی، درجۂ حرارت اور دباؤ کی مقداریں پہلے قانون کی ساخت پوری کرتی ہیں۔ جب مکمل GfE مقداروں کو کم توانائی اور کم خمیدگی والی Friedmann تقریبات میں پرکھا جاتا ہے تو کائنات کے پھیلنے کے ساتھ مقامی اینٹروپی اور توانائی کی کثافتیں کم ہوتی ہیں، مگر زمان و مکان کے حجم میں اضافے کی وجہ سے کل اینٹروپی بڑھتی ہے؛ مادہ غالب اور تابکاری غالب مثالوں میں کل توانائی غالب درجے پر ایک مستقل قدر کی طرف جاتی ہے۔ de Sitter کے سبھی ہیرے میں اینٹروپی H^{-2} کے ساتھ بدلتی ہے، مگر ماڈل کا درجۂ حرارت معیاری افقی درجۂ حرارت سے مختلف ہے۔ یہ GfE کے اندر مشروط ریاضیاتی نتائج ہیں، نہ اس بات کے مشاہداتی شواہد کہ کششِ ثقل اینٹروپی سے آتی ہے، نہ تاریک توانائی کی پیدائش، اور نہ مکمل کوانٹم کششِ ثقل کا نظریہ۔

ماخذ

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