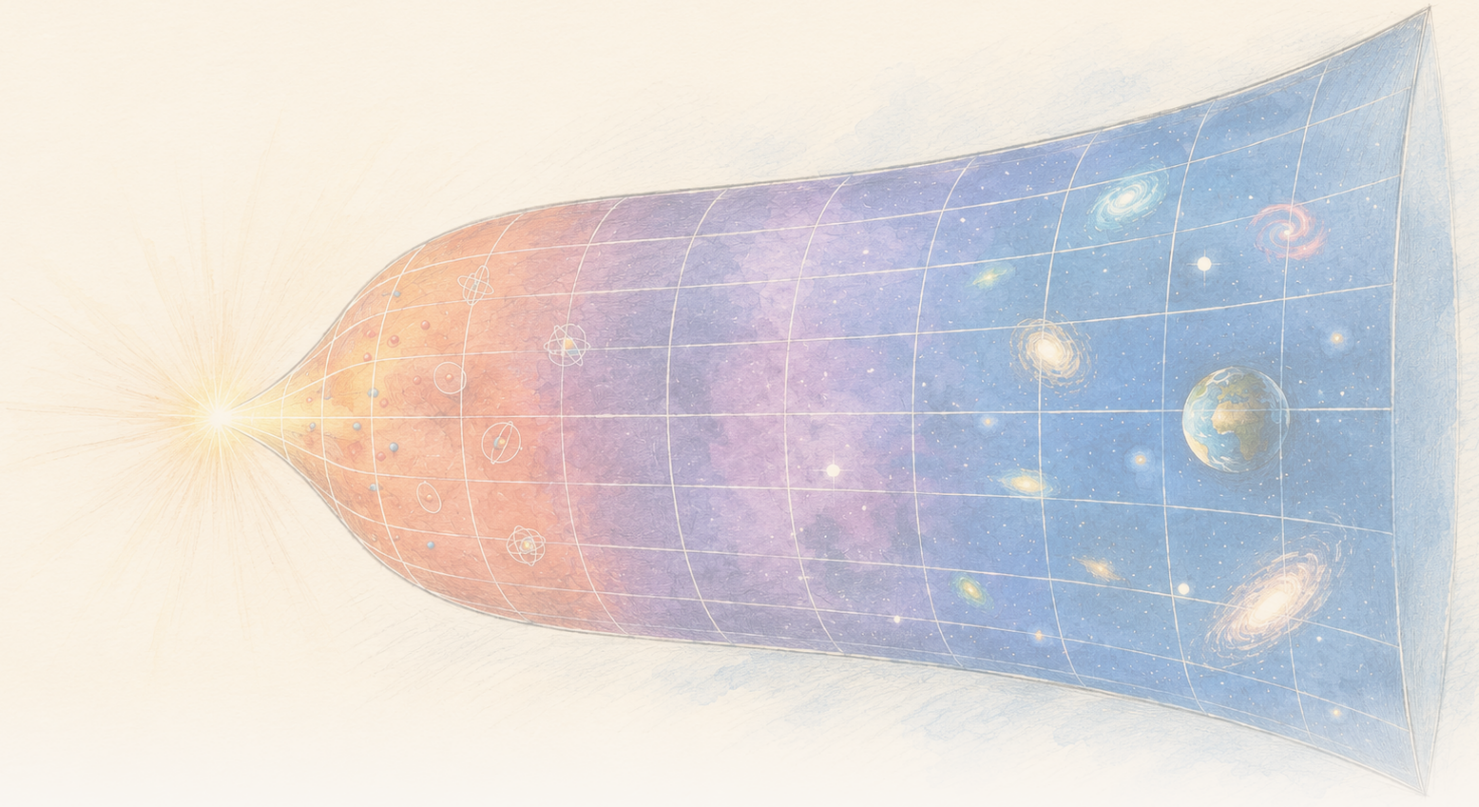




The CLEAN PAPER

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

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

Physical Review D کے ایک مقالے میں Entropy From Gravity کے اندر، pressures temperatures، اور law first energy اور entropy local کی model میں approximation Friedmann low-curvature Late-time، derive کیے گئے ہیں۔ densities کم ہوتی ہیں، جبکہ entropy total expansion بڑھا دیتی ہے۔ Calculation مگر concrete internally conditional ہے: Friedmann cosmologies theory full کے exact solutions نہیں، اور یہ evidence observational کہ gravity entropy سے آتی ہے، energy dark measured کی explanation نہیں، اور theory quantum-gravity completed 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 **Entropy From Gravity** Bianconi Ginestra (GfE) کی ایک حراریاتی تعبیر پیش کرتی ہیں۔ GfE ایک حالیہ مجوزہ ماڈل ہے جس میں کششِ ثقل کو مادے اور جیومیٹری کے درمیان نظریہ معلومات سے اخذ کردہ تعلق کے ذریعے بیان کیا جاتا ہے۔ یہاں ”نظریہ معلومات“ سے مراد ایک ایسا ریاضیاتی پیمانہ ہے جو دو جیومیٹریائی بیانات 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، اینٹروپی k ، توانائی k ، درجہ k حرارت اور دباؤ k کہا گیا ہے۔ سابقہ k ماڈل کے مختلف جیومیٹریائی شعبوں کو الگ کرتا ہے؛ یہ مختلف مادوں یا کائناتی ادوار کی علامت نہیں۔ ان کے پہلے قانون کی حسابی شکل حراریات سے مشابہ ہے: توانائی میں تبدیلی کو درجہ 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 مساوات GfE 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 نقطہ آغاز لیتا ہے: میٹرک سے متعلق اشیا کو کوانٹم آپریٹر سمجھا جاتا ہے اور نظریے کا لاگرائی ایک جیومیٹریائی کوانٹم نسبتی اینٹروپی (GQRE) سے بنایا جاتا ہے۔

تین اصطلاحات، 120 seconds میں

کرتا نمائندگی کی تبدیلی یا مقدار پیمائش قابل کسی اور ہے کرتا عمل پر حالت کوانٹم جو ہے قاعدہ ریاضیاتی ایک آپریٹر کوانٹم اس سے قاری میں مضمون اس ہے؛ سکا جا رہا میں انداز اسی بھی کو اشیا متعلق سے میٹرک کہ ہے کرتا فرض GfE ہے۔ نہیں۔ توقع کی کرنے اخذ اُسرنو کو ڈھانچے پورے لاگرائی کسی نظریے کی حرکات 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۔ GfE ، $GQRE$ کی مخصوص لاگرائی 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 اسکیر، ویکٹر نما اور بائی ویکٹر نما جیومیٹریائی شعبوں کو ایک بڑے ریاضیاتی عنصر میں یکجا کرتا ہے۔ ایک حرکی فیلڈ- G 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 هدف 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 کلی ایک ترتیبیں خردبینی کتنی کہ ہے کرتی بیان یہ اینٹروپی حراریاتی عام متاثر سے اینٹروپی نسبتی $GQRE$ کی مقالے اس ہیں۔ امتیاز قابل کتنی سے دوسرے ایک حالتیں کوانٹم دو کہ ہے ناپتی یہ مقداروں ان نام جلتے ملتے ہے۔ گیا کیا استعمال پر طور کے لاگرائی 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 ہی ایک کو

ماڈل کے اندر عین تھر موڈائنامک نتیجہ

مقالہ پہلے خود GfE فریم ورک کی سطح پر کام کرتا ہے۔ جیومیٹری کے ہر درجے اور قسم کے درجہ 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 k-حرارت؛
- اور دباؤ۔k

یہ مقادیر 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 مادوں یا کائنات کے ادوار کی فہرست نہیں۔ ہم جنس اور ہر سمت یکساں حساب میں یہ پانچ اندراجات کو نشان زد کرتا ہے: ایک اسکالر اندراج؛ ویکٹر نما شعبے سے الگ زمانی اور مکانی اندراجات؛ اور بائی ویکٹر نما شعبے سے الگ زمان-مکان اور مکان-مکان اندراجات۔ اسکالر 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 درجہ حرارت اور دباؤ ہو سکتا ہے۔ متعلقہ فیلڈ-G جزو کے لحاظ سے درجہ-k حرارت مثبت یا منفی بھی ہو سکتا ہے۔

یہ وہ درجہ حرارت نہیں جنہیں کائناتی افق کے پاس تھرمامیٹر رکھ کر ناپا جا سکے۔ معیاری Sitter de کوانٹم فیلڈ درجہ حرارت H کے ساتھ بدلتا ہے: Gibbons-Hawking درجہ حرارت کائناتی افق سے منسوب ہے، جبکہ vacuum Bunch-Davies معیاری Sitter de کوانٹم حالت ہے جس کے فیلڈ باہمی تعلقات متعلقہ حرارتی ردعمل دیتے ہیں۔ مقالہ ان دونوں کو اپنی جیومیٹریائی درجہ-k حرارت سے صاف الگ کرتا ہے، جو Sitter de مثال میں H^2 کے ساتھ بدلتے ہیں۔ یہاں ”درجہ 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-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 اسکالر، 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 قابل 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 حاصل ضرب مثبت معین رہے۔

لہذا 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 مقادیر 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؛
- Sitter de 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 تصویری 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۔

Sitter de کا موازنہ، مگر درجہ حرارت مختلف ہے

مقالہ Sitter de زمان و مکان کو بھی دیکھتا ہے، جہاں H مستقل ہے اور پھیلاؤ نمایاں 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۔

backgrounds Cosmological 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 FRW مکان و زمان Sitter de 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 نمایاں 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 درجہ-k حرارت H^2 کے ساتھ بدلتا ہے، جبکہ معیاری Sitter de درجہ حرارت H کے ساتھ۔ مقالہ اس فرق کی تعبیر یوں کرتا ہے کہ درجہ-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 درجہ حرارت شاید عام ذرات کے اخراج کے بجائے گریوٹون 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 درجہ 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 گریوٹیٹوز کی شناخت نہیں کرتا۔
- یہ منفی درجہ-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 گریوٹیٹوز تابکاری—آئندہ تحقیق کی سمتوں کے طور پر پیش کیے گئے ہیں۔ کسی نئے نظریہ 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 Sitter de زمان و مکان کے درجہ 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، جملی 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

‘Entropy From Gravity Bianconi’ 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، درجہ 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۔ Sitter de کے سببی ہیرے میں اینٹروپی H^{-2} کے ساتھ بدلتی ہے، مگر ماڈل کا درجہ حرارت معیاری افقی درجہ 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 پیمائش، اور نہ مکمل کوانٹم کششِ ثقل کا نظریہ۔

ماخذ

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