https://farid.ps/articles/cosmology_radiation_driven_inflation/ur.html

ایک نیا کائناتی ماڈل: مقامی وجوہاتی افقوں اور سرخ تبدیلی نوانائی کی دوبارہ تقسیم کے ساتھ تابکاری سے چلنے والی افراط زر

میں ایک کائناتی ماڈل تجویز کرتا ہوں جس میں افراط زر کا دور ایک اسکیلر انفلیٹن فیلڈ کے بجائے تابکاری کے دباؤ سے چلتا ہے۔ پلانک دور میں لکیری توسیع سے شروع ہوتے ہوئے، کائنات $t \approx 10^{22}\ t_P$ پر تیزی سے افراط زر کی طرف منتقل ہوتی ہے جب خلائی وقت وجوہاتی افقوں سے آگے پھیلتا ہے، روشنی کی رفتار (c) کو مقامی طور پر غیر متغیر پیرامیٹر کے طور پر دوبارہ بیان کرتے ہوئے۔ فوٹونوں کے سرخ تبدیلی کی وجہ سے کھوئی ہوئی توانائی کو تابکاری کے دباؤ میں دوبارہ تقسیم کیا جاتا ہے، جو افراط زر کو ایندھن دیتا ہے اور پھیلتی ہوئی کائنات میں توانائی کے تحفظ کو یقینی بناتا ہے۔ مقامی منکوسکی پیچ c کی غیر متغیر کو برقرار رکھتے ہیں، افق اور چپٹاپن کے مسائل کو حل کرتے ہیں، جبکہ خصوصی اضافیت کو کائناتی فوق روشنی پسپائی کے ساتھ ہم آہنگ کرتے ہیں۔ آٹھ مشاہداتی ٹیسٹوں کا خاکہ پیش کیا گیا ہے جن میں کائناتی مائیکروویو پس منظر (CMB)، ثقلی لہروں، اور بڑے پیمانے پر ساخت میں متوقع نشانات ہیں۔ موجودہ ڈیٹا ΛCDM کے ساتھ مطابقت رکھتا ہے لیکن اس ماڈل کو خارج نہیں کرتا، جو مستقبل کے اعلیٰ درستگی کے تجربات کے ساتھ توثیق کے لیے راستہ کھلا رکھتا ہے۔

1. تعارف

معیاری ΛCDM کائنات ایک گرم بگ بینگ کو $t = 0$ پر بیان کرتی ہے، جس کے بعد ڈن کے س $t \approx 10^{-36}$ سے ڈن کے س 10^{-34} تک ایک مختصر افراط زر کا دور ہوتا ہے۔ یہ دور ایک "انفلیٹن" فیلڈ سے چلتا ہے، جس کا پوٹینشل تیزی سے توسیع ($a(t) \propto e^{Ht}$) پیدا کرتا ہے [2, 1]۔ یہ افق اور چپٹاپن کے مسائل کو حل کرتا ہے اور کائناتی مائیکروویو پس منظر (CMB) میں نشانات چھوڑتا ہے۔ اپنی کامیابی کے باوجود، ΛCDM قیاس آرائی کے عناصر پر منحصر ہے: ایک غیر دریافت شدہ

انفلیٹن ذرہ، باریک ترتیب شدہ پوٹینشل مناظر، اور فوٹونوں کے سرخ تبدیلی کی وجہ سے توانائی کے ظاہری عدم تحفظ کے لیے رواداری۔

میں ایک تابکاری سے چلنے والا متبادل پیش کرتا ہوں۔ میرا ماڈل لکیری توسیع سے شروع ہوتا ہے، جب فوٹون غالب ہوتے ہیں اور افق الگ ہوتے ہیں تو قدرتی طور پر تیزی سے افراط زر کی طرف منتقل ہوتا ہے، اور جدید تیز رفتار دور میں جاری رہتا ہے۔ اس فریم ورک کو تین مرکزی اصول نمایاں کرتے ہیں:

1. **انفلیٹن کی ضرورت نہیں۔** تابکاری کا دباؤ خود، سرخ تبدیلی توانائی سے بڑھایا ہوا، افراط زر کو چلاتا ہے۔
2. **توانائی کے تحفظ کی بحالی۔** سرخ تبدیلی سے کھوئی ہوئی توانائی کو تھرموڈائنامک طور پر تابکاری کے دباؤ میں دوبارہ استعمال کیا جاتا ہے، جو پھیلتی ہوئی کائنات پر کام کرتا ہے۔
3. **c کی مقامی غیر متغیر۔** ہر وجوہاتی پیچ کے اندر، مبصرین روشنی کی ایک ہی رفتار ناپتے ہیں، جو آئنسٹائن کے مفروضات کے مطابق ہے۔ عالمی طور پر، فوق روشنی پسپائی قدرتی طور پر وجوہاتی علیحدگی سے پیدا ہوتی ہے۔

2. نظریاتی فریم ورک

2.1 ابتدائی لکیری توسیع ($t = 0$ سے $t = 10^{20}\, t_P$)

پلانک دور (ڈنکےس $t = 1\, t_P = 5.39 \times 10^{-44}$) میں، کائنات سکیل فیکٹر $a(t) \propto t$ کے ساتھ لکیری طور پر پھیلتی ہے۔ اس کا مناسب سائز $R(t) = ct$ ہے، اور توانائی کی کثافت پلانک پیمانے پر ہے:

$$\rho \approx 5 \times 10^{96} \text{ رٹےم مارگولک}^{-3}.$$

فریڈمین مساوات توسیع کو کنٹرول کرتی ہے:

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{kc^2}{a^2},$$

جہاں $H = 1/t$ اور خمیدگی نہ ہونے کے برابر ہے۔ اس مرحلے پر فوٹون موجود نہیں ہیں، اس لیے تابکاری کا دباؤ ابھی تک کردار ادا نہیں کرتا۔

2.2 تابکاری کے دباؤ کا آغاز ($t = 10^{20}\, t_P$)

$t \sim 10^{20}\, t_P$ ($\sim 10^{-36}$ ڈنکیس) تک، ذرہ سازی $T \approx 10^{28}$ نولیک پر ایک کوارک-گلووں پلازما میں فوٹون پیدا کرتی ہے۔ تابکاری کا دباؤ ابھرتا ہے:

$$P = \frac{1}{3}\rho c^2, \qquad \rho = \frac{aT^4}{c^2},$$

جہاں $a = 7.566 \times 10^{-16}$ جول میٹر$^{-3}$ کیلون$^{-4}$۔ اس سے $P \sim 10^{92}$ پاسکل ملتا ہے۔ اگرچہ یہ بہت زیادہ ہے، کشش ثقل اب بھی غالب ہے، اور توسیع سست رہتی ہے۔

2.3 وجوہاتی علیحدگی اور مقامی غیر متغیر c $(t = 10^{22}\, t_P)$

$t \approx 10^{22}\, t_P$ ($\sim 10^{-34}$ ڈنکیس) پر، کائنات کا رداس اس کے شوارزچائلڈ نما افق سے تجاوز کر جاتا ہے:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}, \quad M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3, \quad R = ct.$$

جب ذرہ افق $d_p \approx ct$ r_s سے تجاوز کرتا ہے، تو علاقے وجوہاتی طور پر الگ ہو جاتے ہیں۔

ہر افق پیچ کے اندر، مبصرین $c = 3 \times 10^8$ میٹر/ڈنکیس ناپتے ہیں، جو آئنسٹائن کے ٹرین اور راکٹ کے خیالی تجربات کے مطابق ہے۔ تاہم، عالمی طور پر، پسپائی کی رفتار c سے تجاوز کرتی ہے، جیسا کہ معیاری کائنات میں ہوتا ہے۔ میں اسے اس طرح پیرامیٹرائز کرتا ہوں:

$$c_{\text{eff}} = c_0 \left(\frac{a_0}{a}\right)^{\beta}, \qquad \beta > 0,$$

جو c کی لفظی تبدیلی کو ظاہر نہیں کرتا، بلکہ اس کی مقامی حیثیت کو کوڈ کرتا ہے۔ اس طرح، c ہر مبصر کے لیے اس کے وجوہاتی افق کے اندر غیر متغیر رہتا ہے، جبکہ عالمی فوق روشنی توسیع علیحدگی کو ظاہر کرتی ہے، نہ کہ اضافیت کا نقص۔

2.4 سرخ تبدیلی توانائی کی دوبارہ تقسیم

ΛCDM میں، جیسے جیسے طول موج بڑھتی ہے، فوٹونوں کی توانائی کم ہوتی ہے:

$$E = \frac{hc}{\lambda}, \quad \lambda \propto a, \quad E \propto a^{-1}.$$

ظاہری توانائی کی کمی کو توسیع کے لیے منسوب کیا جاتا ہے، بغیر کسی عالمی تحفظ کے قانون کے۔

میرا ماڈل اس تضاد کو حل کرتا ہے: سرخ تبدیلی سے کھوئی ہوئی توانائی وجوہاتی افقوں پر جذب ہوتی ہے اور تابکاری کے دباؤ میں دوبارہ تقسیم ہوتی ہے، جو میٹرک پر مؤثر طریقے سے کام کرتی ہے:

$$\Delta E_{\text{سرخ تبدیلی}} \rightarrow \Delta P_{\text{تابکاری}} \cdot V.$$

2.4.1 میٹرک پر کام کے طور پر سرخ تبدیلی

آئنسٹائن کا مساوات کا اصول کشش ثقل کو ایکسلریشن کے ساتھ شناخت کرتا ہے۔ یہ سرخ تبدیلی کو توانائی کے خاتمے کے بجائے اس کی حرکی کام میں تبدیلی کے طور پر دیکھنے کا ایک ٹھوس طریقہ فراہم کرتا ہے۔

خیالی تجربہ: ایک نیلے لیزر کا تصور کریں جو سیارے کی سطح سے اوپر کی طرف فائر کیا جاتا ہے۔ فوٹون کشش ثقل کے پوٹینشل سے باہر چڑھتے ہیں اور دور دراز مبصر تک سرخ تبدیلی کے ساتھ پہنچتے ہیں۔ مبصر کے لیے، ہر فوٹون کم توانائی لے جاتا دکھائی دیتا ہے۔ تاہم، ماخذ پر لیزر نے خارج شدہ فوٹونوں کی مکمل ماس-توانائی کا تجربہ کیا: اس نے ان کی غیر تبدیل شدہ توانائی اور تابکاری کے دباؤ کے مطابق مومینٹم منتقل کیا۔

"غائب" توانائی کہاں گئی؟ یہ کشش ثقل کے میدان میں سرمایہ کاری کی گئی، جو فوٹونوں کو پوٹینشل کنویں سے باہر نکالنے کے لیے ضروری کام کرتی ہے۔

اسی طرح، کائنات میں، ابتدائی اوقات میں خارج ہونے والے فوٹون کائناتی سرخ تبدیلی کے ذریعے توانائی کھو دیتے ہیں۔ مقامی طور پر، خارج کرنے والا علاقہ ان کے مکمل تابکاری کے دباؤ کا تجربہ کرتا ہے۔ لیکن عالمی طور پر، ظاہری کمی ضائع نہیں ہوتی؛ یہ **میٹرک پر کام** میں تبدیل ہو گئی ہے - خاص طور پر، تیز رفتار توسیع میں۔

$$\Delta E_{\text{فوٹون}} = W_{\text{توسیع}}.$$

2.4.2 افقوں کی تھرموڈائنامکس اور دوبارہ تقسیم کا میکانزم

اس تمثیل کی بنیاد پر، میں تجویز کرتا ہوں کہ وجوہاتی افق سرخ تبدیلی توانائی کے ثالث کے طور پر کام کرتے ہیں:

1. **توانائی کی منتقلی۔** فوٹونوں کی توانائی $E \propto a^{-1}$ کے طور پر کم ہوتی ہے۔ غائب ہونے کے بجائے، یہ توانائی ذرہ افقوں یا شوارزچائلڈ نما وجوہاتی حدود پر جذب ہوتی ہے۔

2. **کشش ثقل کی سرخ تبدیلی کی میپنگ۔** جس طرح کشش ثقل کی سرخ تبدیلی توانائی کو میدان میں منتقل کرتی ہے، اسی طرح کائناتی سرخ تبدیلی توانائی کو میٹرک کی توسیع میں منتقل کرتی ہے۔
3. **افقوں کی تھرموڈائنامکس۔** افقوں میں اینٹروپی ($S \propto A/4$) اور درجہ حرارت (گبنز-ہاکنگ) ہوتا ہے۔ تبدیل شدہ توانائی افق کی اینٹروپی میں حصہ ڈالتی ہے، اور پدمنابھن کے تھرموڈائنامیکل گریویٹی فریم ورک [3] کے ذریعے، یہ دباؤ کے طور پر دوبارہ ابھرتی ہے جو توسیع پر کام کرتی ہے۔
4. **دباؤ کی بڑھوتری۔**

$$P = \frac{1}{3}\rho c_{\text{eff}}^2 + \Delta P_{\text{منفی دباؤ}},$$

جو ایکسلریشن مساوات کو ترمیم کرتا ہے:

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}\left(\rho + \frac{3P}{c^2}\right).$$

$\Delta P_{\text{منفی دباؤ}} > 0$ کے ساتھ، توسیع انفلیٹن کو شامل کیے بغیر تیز ہوتی ہے۔

2.4.3 رسمی غور و فکر

اس میکانزم کو رسمی بنانے کے لیے درکار ہے:

- خمیدہ خلائی وقت میں کوانٹم فیلڈ تھیوری فوٹون-افق تعاملات کی وضاحت کے لیے۔
- افقوں کی تھرموڈائنامکس (پدمنابھن کی ابھرتی ہوئی کشش ثقل، بیکنسٹین-ہاکنگ اینٹروپی) توانائی کے جذب اور دوبارہ اخراج کو ماڈل کرنے کے لیے۔
- $\Delta P_{\text{منفی دباؤ}}$ کے ساتھ ترمیم شدہ فریڈمین ڈائنامکس کی عددی تخروپن۔

2.5 جدید دور

$t \approx 2.6 \times 10^{71}\, t_P$ (13.8 بلین سال) پر، CMB کا درجہ حرارت $T = 2.7$ نولی ک ہے، اور تابکاری کا دباؤ $P \sim 10^{-31}$ لک س اپ تک کم ہو گیا ہے۔ پھر بھی، وہی افق کے ذریعے ثالثی کا میکانزم جاری رہتا ہے: سرخ تبدیلی توانائی کائناتی ایکسلریشن کو ایندھن دیتی رہتی ہے، جو عام طور پر تاریک توانائی ($\Omega_\Lambda \approx 0.7$) سے منسوب دیر سے وقت کی ڈائنامکس میں حصہ ڈالتی ہے۔

3. نظریاتی پیش رفت

1. **انفلیٹن کی ضرورت نہیں۔** سرخ تبدیلی توانائی سے بڑھایا ہوا تابکاری کا دباؤ قدرتی طور پر افراط زر پیدا کرتا ہے، جو ایک غیر دریافت شدہ اسکیلر فیلڈ کی ضرورت کو ختم کرتا ہے۔
2. **توانائی کے تحفظ کی بحالی۔** سرخ تبدیلی توانائی کو تابکاری کے دباؤ میں دوبارہ استعمال کیا جاتا ہے، جو توسیع کو تھرموڈائنامیکل اصولوں کے ساتھ ہم آہنگ کرتا ہے۔
3. **c کی مقامی غیر متغیر۔** آئنسٹائن کا مفروضہ وجوہاتی پیچ کے اندر درست رہتا ہے، جبکہ فوق روشنی پسپائی افق کی علیحدگی سے سمجھائی جاتی ہے۔

4. مشاہداتی ٹیسٹ اور متوقع نشانات

میں آٹھ مشاہداتی ٹیسٹ تجویز کرتا ہوں، جن میں سے ہر ایک کے پاس اس ماڈل کو CDMΛ سے ممتاز کرنے والے الگ الگ نشانات ہیں۔

4.1 CMB غیر یکسانیت

- **ٹیسٹ:** CMB پاور سپیکٹرم اور بی-موڈ پولرائزیشن کو اعلیٰ درستگی کے ساتھ ناپیں۔
- **متوقع نشانات:** ملٹی پولز $l > 1000$ پر چھوٹے پیمانے پر اتار چڑھاؤ میں اضافہ، $l > 100$ پر قابل تشخیص بی-موڈ پولرائزیشن کے ساتھ ($r \approx 0.05$–0.1)۔

4.2 سرخ تبدیلی پر منحصر تابکاری توانائی کی کثافت

- **ٹیسٹ:** سرخ تبدیلی کے ساتھ تابکاری توانائی کی کثافت $\rho_{\text{تابکاری}}$ کے اسکیلنگ کا مشاہدہ کریں۔
- **متوقع نشانات:** $z > 1100$ پر، $\rho_{\text{تابکاری}}$ کو معیاری $\propto a^{-4}$ اسکیلنگ سے ہٹنا چاہیے۔

4.3 ثقلی لہر پس منظر (GWB)

- **ٹیسٹ:** افراط زر کے دور سے ایک سٹوکاسٹک GWB کی تلاش کریں۔
- **متوقع نشانات:** $\sim 10^{-9}$ ہرٹز پر ایک چوٹی، جس کی خصوصیت تناؤ $h_c \approx 10^{-15}$ ہے۔

4.4 ہبل تناؤ اور دیر سے وقت کا ایکسلریشن

- **ٹیسٹ:** ہبل مستقل H_0 اور تاریک توانائی کے حالت مساوات w کو ناپیں۔
- **متوقع نشانات:** $H_0 \approx 70$ کسراپاگیم/ڈنکیس/رٹیمولک، $z < 1$ پر w -0.8 اور 0 کے درمیان۔

4.5 افق پیمانے پر ساخت

- **ٹیسٹ:** 10–100 میگاپارسک پر بڑے پیمانے پر ساخت کا نقشہ بنائیں۔
- **متوقع نشانات:** بڑھایا ہوا کلسٹرنگ اور غیر معمولی طور پر بڑے خلاء۔

4.6 سپیکٹرل لائن شفٹ

- **ٹیسٹ:** اعلیٰ سرخ تبدیلی سپیکٹرا کا تجزیہ کریں۔
- **متوقع نشانات:** $z > 5$ پر 0.1–1% پھیلاؤ یا توانائی شفٹ۔

4.7 افقوں کے تھرموڈائنامیکل نشانات

- **ٹیسٹ:** کائناتی افقوں پر اینٹروپی اور بہاؤ کی جانچ کریں۔
- **متوقع نشانات:** افق کی اینٹروپی میں اضافہ $\Delta S \sim 10^{120} k_B$۔

4.8 ابتدائی نیوکلیوسینتھیسس

- **ٹیسٹ:** ہلکے عناصر کی فراوانی کو ناپیں۔
- **متوقع نشانات:** ^{4}He میں 1–5% اضافہ اور ڈیوٹیریم میں کمی۔

5. ΛCDM کے ساتھ موازنہ

خصوصیت	CDM	تابکاری سے چلنے والا ماڈل
افراط زر کا محرک	اسکیلر انفلیٹن فیلڈ	تابکاری کا دباؤ + سرخ تبدیلی توانائی
توانائی کا تحفظ	عالمی طور پر غیر متعین	افقوں کے ذریعے تھرموڈائنامیکل طور پر نافذ

خصوصیت	ΛCDM	تابکاری سے چلنے والا ماڈل
روشنی کی رفتار	عالمی طور پر غیر متغیر	افقوں کے اندر مقامی طور پر غیر متغیر
افق/چپٹاپن کے مسائل	انفلیٹن کے ذریعے حل	تابکاری + افقوں کے ذریعے حل
تاریک توانائی	کائناتی مستقل (Λ)	تابکاری-سرخ تبدیلی میکانزم کی تسلسل
CMBپیش گوئیاں	معیاری سپیکٹرم	چھوٹےپیمانے پر اضافہ، ممکنہ بی-موڈ اختلافات
ہبل تناؤ	حل طلب	قدرتی درمیانی H_0
مشاہداتی حیثیت	تعاون یافتہ لیکن نامکمل	ڈیٹا کے ساتھ مطابقت رکھتا ہے، ابھی تک رد نہیں کیا گیا

6. بحث

یہ فریم ورک افراط زر کو تابکاری میں موروثی ایک تھرموڈائنامیکل عمل کے طور پر دوبارہ بیان کرتا ہے، جس کے لیے قیاس آرائی انفلیٹن کی ضرورت نہیں ہے۔ یہ پھیلتی ہوئی خلائی وقت میں توانائی کے تحفظ کے لیے ایک میکانزم فراہم کرتا ہے اور اضافیت کے مقامی مفروضات کو کائناتی افقوں کے ساتھ ہم آہنگ کرتا ہے۔

چیلنجز باقی ہیں۔ سرخ تبدیلی توانائی کی دوبارہ تقسیم کی درست ڈائنامکس کے لیے مزید ریاضیاتی ترقی کی ضرورت ہے، اور ترمیم شدہ فریڈمین مساواتوں کی عددی تخروپن ضروری ہیں۔ مشاہداتی تفریق مستقبل کے مشنوں (CMB-S4, Euclid, LISA, SKA) پر منحصر ہوگی۔

7. نتیجہ

میں ایک کائنات پیش کرتا ہوں جس میں تابکاری کا دباؤ، وجوہاتی افقوں اور سرخ تبدیلی توانائی سے ماڈیولیٹڈ، افراط زر اور موجودہ توسیع دونوں کو چلاتا ہے۔ یہ ماڈل ایک فرضی انفلیٹن کی ضرورت کو ختم کرتا ہے، تھرموڈائنامیکل مطابقت کو بحال کرتا ہے، اور آئنسٹائن کی مقامی c کی غیر متغیر کو کائناتی فوق روشنی کے ساتھ ہم آہنگ کرتا ہے۔ موجودہ ڈیٹا ΛCDM کے ساتھ مطابقت رکھتا ہے، لیکن تجویز کردہ مشاہداتی ٹیسٹ توثیق یا رد کے لیے ایک راستہ فراہم کرتے ہیں۔

حوالہ جات

[1] پلانک تعاون، **پلانک 2018 نتائج۔ VI۔ کائناتی پیرامیٹرز**، Astron. Astrophys. 641, A6 (2020). [2] Guth, A. H., **افراط زر والی کائنات**، Phys. Rev. D 23, 347 (1981). [3] Padmanabhan, T., **کشش ثقل کے تھرموڈائنامیکل پہلو: نئی بصیرتیں**، Rep. Prog. Phys. 73, 046901 (2010). [4] BICEP2/Keck تعاون، **ابتدائی ثقلی لہروں پر بہتر پابندیاں**، Phys. Rev. Lett. 121, 221301 (2018).