

Nýtt heimsfræðilíkan: Geisladrifin verðbólga með staðbundnum orsökum og endurdreifingu orku frá rauðvikni

Ég legg til heimsfræðilíkan þar sem verðbólgutímabilið er drifið áfram af geislaþrýstingi frekar en skalarinflatonreit. Byrjar með línulegri útpenslu á Planck-tímabilinu, fer alheimurinn yfir í veldisvaxandi verðbólgu við $t \approx 10^{22} t_P$ þegar rúmtími teygir sig út fyrir orsökusjónarmið, endurskilgreinir ljóshraða (c) sem staðbundið óbreytanlegt gildi. Lagt er til að orka sem tapast vegna rauðviknis ljósgeisla sé endurdreift í geislaþrýsting, sem knýr verðbólgu og tryggir orkuvarðveislu í alheimi sem stækkar. Staðbundnir Minkowski-svæði varðveita óbreytanleika c , takast á við vandamál sjónarheims og flatleika, og samræma sérstaka afstæðiskenningu við ofurljóshraða fjarlægingu í heimsfræði. Átta athugunartilraunir eru skisseraðar, með væntanlegum merkjum í geimgeislabakgrunni (CMB), þyngdarbylgjum og stórum skala uppbyggingu. Núverandi gögn samrýmast Λ CDM en útiloka ekki þetta líkan, og skilja eftir leið opna fyrir staðfestingu með framtíðar há-nákvæmni tilraunum.

1. Inngangur

Staðlað Λ CDM heimsfræði lýsir heitum Miklahvelli við $t = 0$, fylgt af stuttu verðbólgutímabili frá $t \approx 10^{-36}$ s til 10^{-34} s. Þetta tímabil er drifið áfram af skalar „inflaton“ reit, sem framleiðir veldisvaxandi útpenslu ($a(t) \propto e^{Ht}$) [1, 2]. Þetta leysir vandamál sjónarheims og flatleika og skilur eftir sig spor í geimgeislabakgrunni (CMB). Þrátt fyrir árangur sinn er Λ CDM háð tilgátum: ófundinn inflaton agna, fínstilltar möguleikalandslag og þol gagnvart skýru ósamræmi í orkuvarðveislu vegna rauðviknis ljósgeisla.

Ég kynnir geisladrifinn valkost. Líkan mitt byrjar með línulegri útpenslu, fer náttúrulega yfir í veldisvaxandi verðbólgu þegar ljósgeislar ráða og sjónarmið skiljast að, og heldur áfram inn í nútíma hröðunar tímabil. Þrír meginreglur greina þennan ramma:

- Engin þörf á inflaton.** Geislaþrýstingur sjálfur, styrktur af orku rauðviknis, knýr verðbólgu.
- Orkuvarðveisla endurheimt.** Orka sem tapast vegna rauðviknis er endurunnin varmafræðilega í geislaþrýsting, sem vinnur á alheimi sem stækkar.
- Staðbundin óbreytanleiki c .** Innan hvers orsökusvæðis mæla athugendur sama ljóshraða, í samræmi við kenningar Einsteins. Á heimsvísu kemur ofurljóshraði fjarlæging fram náttúrulega vegna orsökuaðskilnaðar.

2. Fræðilegur rammi

2.1 Snemma línuleg útpensla ($t = 0$ til $t = 10^{20} t_P$)

Á Planck-tímabilinu ($t = 1 t_P = 5.39 \times 10^{-44}$ s) þenst alheimurinn út línulega með mælikvarða $a(t) \propto t$. Raunveruleg stærð hans er $R(t) = ct$, og orkupéttleiki er á Planck-skala:

$$\rho \approx 5 \times 10^{96} \text{ kg m}^{-3}.$$

Friedmann-jafnan stýrir útpenslunni:

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

með $H = 1/t$ og óverulegri sveigju. Á þessu stigi eru ljósgeislar fjarverandi, svo geislaþrýstingur leggur enn ekki til.

2.2 Upphaf geislaþrýstings ($t = 10^{20} t_P$)

Við $t \sim 10^{20} t_P$ ($\sim 10^{-36}$ s) framleiðir agnamyndun ljósgeisla í kvark-glúon plasma við $T \approx 10^{28}$ K. Geislaþrýstingur kemur fram:

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

með $a = 7.566 \times 10^{-16} \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-4}$. Þetta gefur $P \sim 10^{92} \text{ Pa}$. Þótt gríðarlegt sé, ræður þyngdarkraftur enn, og útpenslan heldur áfram að hægja á sér.

2.3 Orsökuaðskilnaður og staðbundinn óbreytanleiki c ($t = 10^{22} t_P$)

Við $t \approx 10^{22} t_P$ ($\sim 10^{-34}$ s) fer radíus alheimsins yfir Schwarzschild-líkan sjónarheim:

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

Þegar agnasjónarheimurinn $d_p \approx ct$ fer yfir r_s , skiljast svæði að orsökulega.

Innan hvers sjónarheimssvæðis mæla athugendur $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, í samræmi við hugsanlegar tilraunir Einsteins með lest og eldflaug. Á heimsvísu fara hins vegar fjarlægingarhraðar yfir c , eins og í staðlaðri heimsfræði. Ég breytistærð þetta sem:

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

sem bendir ekki til bókstaflegrar breytingar á c , heldur kóðar staðbundinn eðli þess. Þannig heldur c óbreyttu gildi fyrir hvern athuganda innan orsökusjónarheims síns, á meðan ofurljóshraði útpensla á heimsvísu endurspeglar aðskilnað, ekki brot á afstæðiskenningu.

2.4 Endurdreifing orku frá rauðvikni

Í Λ CDM minnkar orka ljósgeisla þegar bylgjulengdir teygjast:

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

Sýnilegt orkutap er rakið til útpenslu, án alþjóðlegs varðveislulaga.

Líkan mitt leysir þessa þversögn: orka sem tapast vegna rauðviknis er tekin upp við orsökusjónarmið og endurdreift í geislaþrýsting, sem í raun vinnur á mælikvarðanum:

$$\Delta E_{\text{rauðvikni}} \rightarrow \Delta P_{\text{geisli}} \cdot V.$$

2.4.1 Rauðvikni sem vinna á mælikvarðanum

Jafngildisregla Einsteins auðkennir þyngdarkraft með hröðun. Þetta veitir áþreifanlega leið til að sjá rauðvikni ekki sem eyðingu orku, heldur umbreytingu hennar í hreyfiorku.

Hugsað tilraun: Íhuga bláan leysigeisla skotið upp frá yfirborði plánetu. Ljósgeislar klifra út úr þyngdarpotensiali og koma til fjarlægs athuganda rauðviknir. Fyrir athugandann virðist hver ljósgeisli bera minni orku. En leysirinn á upprunanum upplifði fulla massa-orku útgeisluðu ljósgeislanna: hann flutti skriðþunga í samræmi við órauðvikna orku þeirra og geislaþrýsting.

Hvert fór „týnda“ orkan? Hún var fjárfest í þyngdarsviðið, framkvæmandi vinnu sem þarf til að lyfta ljósgeislum úr potensialbrunninum.

Með hliðsjón af þessu, í heimsfræði, tapa ljósgeislar sem gefnir eru út á fyrstu tímum orku vegna heimsfræðilegs rauðviknis. Staðbundið upplifir útgeislandi svæðið fullan geislaþrýsting þeirra. En á heimsvísu er skýrt tap ekki glatað; það hefur umbreytst í **vinnu á mælikvarðanum** – sérstaklega í hröðun útpenslu.

$$\Delta E_{\text{ljósgeisli}} = W_{\text{útpensla}}.$$

2.4.2 Sjónarheimstermódynamík og endurdreifingarbúnaður

Byggt á þessari hliðstæðu, legg ég til að orsökusjónarmið virki sem miðlarar orku rauðviknis:

1. **Orkuflutningur.** Orka ljósgeisla minnkar sem $E \propto a^{-1}$. Í stað þess að hverfa er þessi orka tekin upp við agnasjónarmið eða Schwarzschild-lík orsökumörk.
2. **Kortlagning þyngdarrauðviknis.** Rétt eins og þyngdarrauðvikni flytur orku í sviðið, flytur heimsfræðilegt rauðvikni orku í útpenslu mælikvarðans.
3. **Sjónarheimstermódynamík.** Sjónarmið búa yfir entropíu ($S \propto A/4$) og hitastigi (Gibbons–Hawking). Rauðvikin orka leggur til entropíu sjónarheimsins, og í gegnum termódynamískan þyngdarramma Padmanabhans [3], kemur fram aftur sem þrýstingur sem vinnur á útpenslu.
4. **Þrýstingsaukning.**

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

breytir hröðunarjöfnunni:

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

Með $\Delta P_{\text{rauðvikni}} > 0$, hröðun útpenslu án þess að kalla á inflaton.

2.4.3 Formlegar athuganir

Til að formfesta þennan búnað þarf:

- Skammtafræðikenning í sveigðu rúmtíma til að lýsa ljósgeisla-sjónarheims samskiptum.
- Sjónarheimstermóðynamík (upphafleg þyngd Padmanabhans, Bekenstein–Hawking entropía) til að móta orkuupptöku og endurútgeislun.
- Tölulegar hermingar af breyttri Friedmann-dynamík með $\Delta P_{\text{rauðvikni}}$.

2.5 Nútímatímabil

Við $t \approx 2.6 \times 10^{71} t_P$ (13.8 milljarðar ára), er CMB hiti $T = 2.7 \text{ K}$, og geislaþrýstingur hefur minnkað í $P \sim 10^{-31} \text{ Pa}$. Engu að síður heldur sami sjónarheimsmiðlaði búnaður áfram: orka rauðviknis heldur áfram að knýja heimsfræðilega hröðun, leggur til síðtíma dynamík sem venjulega er kennd við dökka orku ($\Omega_\Lambda \approx 0.7$).

3. Hugmyndafræðilegar framfarir

1. **Engin þörf á inflaton.** Verðbólga kemur fram náttúrulega frá geislaþrýstingi sem styrktur er af orku rauðviknis, útilokar þörfina fyrir ófundinn skalarreit.
2. **Orkuvarðveisla endurheimt.** Orka rauðviknis er endurunnin í geislaþrýsting, samræmir útpenslu við varmafræðilegar reglur.
3. **Staðbundinn óbreytanleiki c.** Kenning Einsteins gildir innan orsökusvæða, á meðan ofurljós hraði fjarlæging er útskýrð með sjónarheims aðskilnaði.

4. Athugunartilraunir og væntanleg merki

Ég legg til átta athugunartilraunir, hver með sérstökum merkjum sem gætu greint þetta líkan frá ΛCDM .

4.1 CMB ójafnvægi

- **Prófun:** Mæla kraftasvið CMB og B-ham pólun með mikilli nákvæmni.
- **Væntanlegt merki:** Auknar smáskala sveiflur við fjölpóla $l > 1000$, ásamt greinanlegri B-ham pólun við $l < 100$ ($r \approx 0.05\text{--}0.1$).

4.2 Orkuþéttleiki geisla háð rauðvikni

- **Prófun:** Athuga skala orkuþéttleika geisla ρ_{geisli} með rauðvikni.

- **Væntanlegt merki:** Við $z > 1100$, ætti ρ_{geisli} að víkja frá staðlaðri skala $\propto a^{-4}$.

4.3 Þyngdarbylgja bakgrunnur (GWB)

- **Prófun:** Leita að stokkbakgrunni GWB frá verðbólgutímabilinu.
- **Væntanlegt merki:** Toppur við $\sim 10^{-9}$ Hz, með einkennandi álagi $h_c \approx 10^{-15}$.

4.4 Hubble-spenna og síðtíma hröðun

- **Prófun:** Mæla Hubble-fastann H_0 og jöfnu ástands dökkar orku w .
- **Væntanlegt merki:** $H_0 \approx 70$ km/s/Mpc, með w á milli -0.8 og 0 við $z < 1$.

4.5 Sjónarheimsskala uppbygging

- **Prófun:** Kortleggja stóran skala uppbyggingu við 10–100 Mpc.
- **Væntanlegt merki:** Aukin þyrping og óeðlilega stór tóm.

4.6 Litróflínubreytingar

- **Prófun:** Greina litróf með miklu rauðvikni.
- **Væntanlegt merki:** Breikkun eða orkuflutningar um 0.1–1% við $z > 5$.

4.7 Sjónarheimstermódýnamísk merki

- **Prófun:** Rannsaka entropíu og flæði við heimsfræðilega sjónarmið.
- **Væntanlegt merki:** Entropíuvöxtur sjónarheims $\Delta S \sim 10^{120} k_B$.

4.8 Frumkjarnafræði

- **Prófun:** Mæla gnægð létt frumefna.
- **Væntanlegt merki:** 1–5% aukning í ${}^4\text{He}$ og minnkun í deuteríum.

5. Samanburður við Λ CDM

Eiginleiki	CDM	Geislad rífið líkan
Verðbólguþríf	Skalarinflatonreitir	Geislaþrýstingur + orka rauðviknis
Orkuvarðveisla	Ekki skilgreint á heimsvísu	Varmfræðilega framfylgt í gegnum sjónarmið
Ljóshraði	Óbreytanlegur á heimsvísu	Staðbundið óbreytanlegur innan sjónarmiða
Sjónarheims/flatleika vandamál	Leyst af inflaton	Leyst af geisli + sjónarmið
Dökk orka	Heimsfræðilegur fasti (Λ)	Framhald af rauðvikni-geisla búnaði
CMB spár	Staðlað litróf	Aukning á smáum skala, mögulegar mismunir í B-ham
Hubble-spenna	Óleyst	Náttúrulegt miðgildi H_0

Eiginleiki

Λ CDM

Geislad rífið líkan

Athugunarstaða

Stuðningur en
ófullkominn

Samrýmanleg gögnum, enn óafneitað

6. Umræða

Þessi rammi endurformar verðbólgu sem varmafræðilegt ferli innbyggt í geisla, án þörf á tilgátum inflaton. Hann veitir búnað fyrir orkuvarðveislu í útpenslu rúmtíma og samræmir staðbundnar kenningar afstæðiskenningar við heimsfræðilega sjónarmið.

Áskoranir standa enn. Nákvæm dynamík endurdreifingar orku rauðviknis krefst frekari stærðfræðilegrar þróunar, og tölulegar hermingar af breyttum Friedmann-jöfnum eru nauðsynlegar. Athugunargreining mun reiða sig á framtíðarverkefni (CMB-S4, Euclid, LISA, SKA).

7. Niðurstaða

Ég kynni heimsfræði þar sem geislaþrýstingur, mótaður af orsökusjónarmiðum og orku rauðviknis, knýr bæði verðbólgu og núverandi útpenslu. Þetta líkan útilokar þörfina fyrir tilgátukenndan inflaton, endurheimtir varmafræðilega samræmi og samræmir staðbundinn óbreytanleika c Einsteins við heimsfræðilega ofurljóshraða. Núverandi gögn eru samrýmanleg Λ CDM, en tillögur að athugunartilraunum bjóða upp á leið til staðfestingar eða afneitunar.

Heimildir

[1] Planck Collaboration, *Planck 2018 Results. VI. Cosmological Parameters*, *Astron. Astrophys.* 641, A6 (2020). [2] Guth, A. H., *Inflationary Universe*, *Phys. Rev. D* 23, 347 (1981). [3] Padmanabhan, T., *Thermodynamical Aspects of Gravity: New Insights*, *Rep. Prog. Phys.* 73, 046901 (2010). [4] BICEP2/Keck Collaboration, *Improved Constraints on Primordial Gravitational Waves*, *Phys. Rev. Lett.* 121, 221301 (2018).