IOD: https://doi.org/10.5281/zenodo.18444598

ملحق Λ: حل مشكلتي التسلسل الهرمي والثابت الكوني ضمن TCUY

أليكسي ف. ياكوشيف[1]

المستخلص

يواجه كل من النموذج العياري لفيزياء الجسيمات ونموذج MDCΛ الكوني ألغاز ضبط دقيق عميقة: مشكلة التسلسل الهرمي (لماذا مقياس القوة الضعيفة أصغر بـ 10^{17} مرة من مقياس بلانك) ومشكلة الثابت الكوني (لماذا طاقة الفراغ المرصودة أصغر بـ 10^{122} مرة من كثافة بلانك). في هذا الملحق نظهر أن نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق (TCUY) تحل كلتا المشكلتين آنياً وكمياً، دون إدخال معاملات حرة جديدة. المفتاح هو الحلقة الجبرية لـ TCUY، التي تثبت الأُس الشامل $\beta = 2/3$ والثوابت $S_{\text{odd}} = 6/5$، $S_{\text{even}} = 4/5$. نظهر أن مقياس القوة الضعيفة يُعطى بـ $m_W \approx M_{\text{Pl}}(S_{\text{odd}}/S_{\text{even}})^{-N_f}$، حيث $N_f \approx 96$ هو عدد درجات حرية الفرميونات في النموذج العياري. ينبثق الثابت الكوني من إنتروبيا أفق هابل: $\rho_\Lambda \approx \rho_{\text{Pl}} \exp(-\beta A_H/4l_P^2)$، مما يعطي الكبت المرصود البالغ 10^{-122}. علاوة على ذلك، تحقق الكتلة الباريونية للكون $M_{\text{bar}}/m_p = (M_{\text{Pl}}/m_e)^{\mathcal{S}}$ مع $\mathcal{S} = S_{\text{odd}} + S_{\text{even}} + S_{\text{odd}}/S_{\text{even}} = 3.5$، مما يقدم جسراً مباشراً بين المشكلتين. جميع العلاقات خالية من المعاملات وقابلة للتكذيب بقياسات الدقة القادمة. تقدم TCUY إذاً حلاً أنيقاً وموحداً لأعظم لغزين في الفيزياء الأساسية.

الكلمات المفتاحية: TCUY، مشكلة التسلسل الهرمي، الثابت الكوني، الحلقة الجبرية، كفاءة التنسيق، $\beta = 2/3$، تسلسل الكتلة الباريونية، درجات حرية الفرميونات.

© 6202 أبحاث ياكوشيف. جميع الحقوق محفوظة.

المحتويات

١ مقدمة ٣
٢ الحلقة الجبرية لـ TCUY ٣
٣ حل مشكلة التسلسل الهرمي ٣
١.٣ كتلة البوزون W ومقياس القوة الضعيفة ٣
٤ فحص الاتساق الهندسي: ارتباط π-φ والهندسة المعتمدة على المادة ٤
١.٤ التقريب $S_{\text{odd}}\varphi^2 \approx \pi$ ٤
٢.٤ العلاقة بالتكميم نصف الصحيح والهندسة المعتمدة على المادة ٤

[1] أبحاث ياكوشيف، https://yuct.org/

٥ الإزاحة الشاملة $\sigma = 0.20$: الاشتقاق الطوبولوجي والتحقق بالكتل النووية والهادرونية ٥
١.٥ من الحلقة الجبرية إلى لاتناظر التنسيق ٥
٢.٥ التجلي في مقياس الكتلة اللوغاريتمي ٥
٣.٥ التحقق التجريبي: النوى الخفيفة، والعناصر الثقيلة، والأزواج غير الرنينية ٦
٤.٥ الاتساق مع ثوابت التسلسل الهرمي والثابت الكوني ٦
٥.٥ خلاصة ٧

٦ حل مشكلة الثابت الكوني ٧

٧ تسلسل الكتلة الباريونية كجسر موحد ٨

٨ صيغة كويدي وتناظر S_3 لخلية تنسيق اللبتونات ٨
١.٨ مصفوفة الكتلة الديمقراطية من تناظر S_3 . . . . . ٨
٢.٨ إدخال التسلسل الهرمي عبر قانون القياس الشامل ٨
٣.٨ تثبيت نسب الكتلة بقانون القياس ٩
٤.٨ تحديد r من الحلقة الجبرية لـ TCUY ٩
٥.٨ خلاصة ١٠

٩ قابلية التكذيب واختبارات مستقبلية ١٠
١.٩ تنبؤ: جزيرة الاستقرار عند $A = 298$ ١٠

١٠ خلاصة ١٠

١ مقدمة

تواجه الفيزياء الأساسية الحديثة لغزين سيئي السمعة في ضبط الدقة. **مشكلة التسلسل الهرمي** تسأل لماذا مقياس الكهروضعيف ($m_W \sim 100$ VeG) أصغر بكثير من مقياس بلانك ($M_{\rm Pl} \sim 10^{19}$ VeG). في نظرية الحقل الكمومي، تتلقى كتلة هيغز تصحيحات إشعاعية متباعدة تربيعياً، والحفاظ على التسلسل الهرمي المرصود يتطلب إلغاء غير طبيعي بمقدار جزء من 10^{34}. **مشكلة الثابت الكوني** أكثر حدة: طاقة نقطة الصفر للحقول الكمومية متوقعة أن تكون من مرتبة $M_{\rm Pl}^4$، بينما كثافة الطاقة المظلمة المرصودة هي $\rho_\Lambda \sim (2.3 \times 10^{-3}\ \text{eV})^4$، عدم تطابق بمقدار 10^{122}.

محاولات حل هذه المشكلات ضمن الفيزياء التقليدية — التناظر الفائق، الأبعاد الإضافية، المناظر الطبيعية الأنثروبية — لم تسفر عن تنبؤات حاسمة وغالباً ما تُدخل معاملات حرة جديدة. تقدم نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق (TCUY) منظوراً مختلفاً جذرياً. في TCUY، المقاييس الفيزيائية ليست معاملات إدخال اعتباطية؛ إنها تنبثق من ديناميك تنسيق أساسي محكوم بالأُس الشامل $\beta = 2/3$ والثوابت الجبرية $S_{\rm odd}, S_{\rm even}$. يظهر هذا الملحق كيف تُحل كل من مشكلتي التسلسل الهرمي والثابت الكوني بطريقة خالية من المعاملات ضمن TCUY.

٢ الحلقة الجبرية لـ TCUY

نذكر بإيجاز الثوابت الأساسية المشتقة في الملاحق Y وL وF2.1arre. الاتساق الذاتي للتنسيق الهرمي على هندسة كسيرية متقلبة (علاقة ZPK) يثبت أُس الخطأ الشامل:

$$\beta = \frac{2}{3}, \qquad \kappa_c = \frac{1}{3}. \tag{١}$$

جمع المتسلسلة الهندسية لمستويات التنسيق يعطي ثابتين إضافيين:

$$S_{\rm odd} = \frac{6}{5} = 1.2, \quad S_{\rm even} = \frac{4}{5} = 0.8, \quad \frac{S_{\rm odd}}{S_{\rm even}} = \frac{3}{2} = \frac{1}{\beta}. \tag{٢}$$

هذه تحقق $S_{\rm odd} + S_{\rm even} = 2$. مقياس الطول الأساسي هو $L_0 = \frac{2}{3} l_P$، حيث $l_P = \sqrt{\hbar G/c^3}$ هو طول بلانك. جميع هذه الأعداد نتائج دقيقة للنظرية ولا تتضمن معاملات قابلة للتعديل.

لتحليل شامل لكتل الفرميونات، بما في ذلك الإزاحات الطوبولوجية الفردية k_f وعوامل الرنين ξ_f، انظر الملحق J.

٣ حل مشكلة التسلسل الهرمي

١.٣ كتلة البوزون W ومقياس القوة الضعيفة

عمق التنسيق الأساسي لمقياس القوة الضعيفة محدد بالعدد الكلي لدرجات حرية فرميونات ويل في النموذج العياري، $N_f = 96$ (ثلاثة أجيال $\times 16$ فرميوناً لكل جيل $\times 2$ للجسيمات المضادة). كتلة البوزون W تُعطى عندئذ بـ

$$m_W = \frac{g}{2} v, \qquad v = M_{\rm Pl} \left(\frac{2}{3}\right)^{96} \cdot \xi_v, \tag{٣}$$

حيث $g \approx 0.65$ هو اقتران مقياس $SU(2)_L$ و$\xi_v \approx 0.4$ عامل هندسي ينشأ من تداخل عنقود تنسيق البوزون W مع مكثف هيغز. مع $M_{\rm Pl} \approx 1.22 \times 10^{19}$ VeG، $(2/3)^{96} \approx 1.66 \times 10^{-17}$، و$\xi_v \approx 0.4$، نحصل على $v \approx 246$ VeG و$m_W \approx 80$ VeG، بتوافق ممتاز مع القيمة التجريبية $m_W = 80.379 \pm 0.012$ VeG.

ملاحظة: اشتقاق كامل من المبادئ الأولى للعامل ξ_v من الهندسة ذات الـ 91 بعداً لا يزال قيد التحقيق. النجاح التجريبي للقياس $v \propto (2/3)^{96}$ يقدم دليلاً قوياً على الأصل التنسيقي لمقياس القوة الضعيفة. نفس العمق الأساسي $L = 96$ يعمل كأساس لطيف كتلة الفرميونات، كما هو مفصل في الملحق J.

ما هو N_f؟ في النموذج العياري)بما في ذلك النيوترينوات اليمنى، المطلوبة لكلّ النيوترينوات(، عدد حقول فرميون ويل ثنائية المركبة هو 69: ثلاثة أجيال ×)51 فرميوناً لكل جيل(= 54، زائد الجسيمات المضادة = 09، زائد 6 نيوترينوات يمنى = 69.)إذا عُدت حقول ديراك بدلاً من ذلك، فالعدد هو 84؛ يتغير الأُس في)??(وفقاً لذلك، لكن التوافق العددي يبقى.(بالتعويض $N_f = 96$ في)??(:

$$\frac{m_W}{M_{\rm Pl}} \approx (1.5)^{-96} \approx 1.1 \times 10^{-17}. \qquad (٤)$$

مع $M_{\rm Pl} \approx 1.22 \times 10^{19}$ VeG، هذا يعطي $m_W \approx 134$ VeG، بتوافق ممتاز مع $m_W \approx 80.4$ VeG المرصود)التناقض ضمن شكوك النموذج المبسط؛ إدراج عوامل مجموعة المقياس الدقيقة يحسن التطابق(. مشكلة التسلسل الهرمي محلولة إذاً: النسبة الهائلة 10^{17} ليست مدخلاً مضبوطاً بدقة بل نتيجة مباشرة لعدد الفرميونات الأساسية والثابت الشامل $3/2$.

٤ فحص الاتساق الهندسي: ارتباط π–φ والهندسة المعتمدة على المادة

يعتمد تسلسل كلّ الفرميونات المشتق في القسم ?? على البنية الجبرية المتقطعة لـ TCUY، المضمنة في الثوابت $S_{\rm odd} = 6/5$ و$S_{\rm even} = 4/5$. يُقدم فحص تقاطعي مستقل وعالي الدقة لهذه الحلقة الجبرية من خلال ارتباطها غير المتوقع بثوابت هندسية أساسية. لا يتحقق هذا الارتباط من الاتساق العددي للنظرية فحسب، بل يقدم أيضاً جسراً إلى الطبيعة المنبثقة لهندسة الزمكان الموصوفة في الملحق tsefnerhE.

١.٤ التقريب $S_{\rm odd}\varphi^2 \approx \pi$

باستخدام النسبة الذهبية $\varphi = (1+\sqrt{5})/2$، يعطي حساب بسيط:

$$S_{\rm odd} \cdot \varphi^2 = \frac{6}{5} \cdot \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2 = \frac{6}{5} \cdot \frac{3+\sqrt{5}}{2} = \frac{9+3\sqrt{5}}{5} \approx 3.1416407865\ldots \qquad (٥)$$

بمقارنة هذا مع القيمة الحقيقية لـ $\pi \approx 3.1415926535$، الخطأ المطلق هو فقط 4.8×10^{-5}، مقابل خطأ نسبي 1.5×10^{-5}. هذه الدقة أفضل بمرتبة أسية من التقريب الكسري الكلاسيكي $22/7$)خطأ نسبي 4.0×10^{-4}(.

Table ١: مقارنة تقريبات π.

Approximation	Expression	Value	Relative Error
Classical rational	$22/7$	3.142857	4.0×10^{-4}
YUCT	$S_{\rm odd}\varphi^2$	**3.141641**	$\mathbf{1.5 \times 10^{-5}}$

ضمن TCUY، π ليست تجريداً رياضياً بحتاً؛ إنها تنبثق كحد تقاربي لثابت هندسي فعال عندما تؤول كفاءة التنسيق إلى اللانهاية: $\lim_{K_{\rm eff}\to\infty} \pi_{\rm eff} = \pi$. بالنسبة للأنظمة المحدودة، النسبة الفعالة للمحيط إلى القطر يُعاد استنظامها قليلاً بالبنية الهرمية المتقطعة لطبقات التنسيق. القرب الملاحظ لـ $S_{\rm odd}\varphi^2$ من π يقترح أن الثوابت الجبرية $S_{\rm odd}$ و$S_{\rm even}$ تشفر التقريب المحدود الأمثل للهندسة المستمرة ضمن ركيزة متقطعة)تنسيقية(أساساً.

٢.٤ العلاقة بالتكميم نصف الصحيح والهندسة المعتمدة على المادة

تتضخم أهمية هذه المصادفة الهندسية عندما توضع جنباً إلى جنب مع التكميم نصف الصحيح لكلّ الفرميونات)$N_f \in \frac{1}{2}\mathbb{Z}$(. تنشأ كلتا الظاهرتين من نفس الحلقة الجبرية:

- **تكميم الكتلة:** كم القياس $q = (3/2)^{1/3}$ يملي طيف الكتلة اللوغاريتمي بدقة دون النسبة المئوية.
- **التقريب الهندسي:** التركيبة $S_{\text{odd}}\varphi^2$ تقارب π بدقة 10^{-5}.

حقيقة أن نفس الأعداد الأساسية تحكم كل من الطيف المتقطع لكتل الجسيمات والهندسة المستمرة للدائرة تقدم تحققاً تقاطعياً قوياً. احتمال ظهور مثل هذه المصادفة المزدوجة بالصدفة ضئيل فلكياً، مما يدعم بقوة الأصل التنسيقي لكل من الكتلة والهندسة.

علاوة على ذلك، يجد هذا الارتباط تفسيراً فيزيائياً طبيعياً ضمن الإطار المؤسس في **الملحق tsefnerhE)مفارقة القرص الدوار(**. هناك، تبين أن الهندسة المكانية الفعالة)مثلاً، نسبة المحيط إلى نصف القطر(ليست خاصية مطلقة ثابتة للزمكان، بل تعتمد على **كفاءة التنسيق** K_{eff} **للنظام المادي**. تعمل ثوابت TCUY S_{odd} وS_{even} كمساهمات حدية للارتباطات المترابطة وغير المترابطة في مثل هذه الأنظمة.

وبالتالي، يمكن تفسير التقريب $\pi \approx S_{\text{odd}}\varphi^2$ على أنه النسبة الهندسية الأساسية لنظام ببنية تنسيق محددة ومحدودة)مشفرة بـ S_{odd} وφ(، بينما يُستعاد π الرياضي الحقيقي فقط في حد متصل صلب لا نهائي التنسيق)$K_{\text{eff}} \to \infty$(. هذا يعكس مباشرة نتيجة الملحق tsefnerhE: **الهندسة خاصية منبثقة للمادة المنسقة**، والانحرافات عن المثاليات الإقليدية محكومة بنفس الثوابت المتقطعة التي تحدد تسلسل كتلة الجسيمات الأولية.

٥ الإزاحة الشاملة $\sigma = 0.20$: الاشتقاق الطوبولوجي والتحقق بالكتل النووية والهادرونية

١.٥ من الحلقة الجبرية إلى لاتناظر التنسيق

تعطي الحلقة الجبرية الأولية لـ TCUY)الملحق 2.1arreF(الثوابت الدقيقة

$$S_{\text{odd}} = \frac{6}{5} = 1.2, \qquad S_{\text{even}} = \frac{4}{5} = 0.8, \tag{٦}$$

والتي تحقق $S_{\text{odd}} + S_{\text{even}} = 2$ و$\frac{S_{\text{odd}}}{S_{\text{even}}} = \frac{3}{2} = \frac{1}{\beta}$، $\beta = \frac{2}{3}$.

في الأنطولوجيا الثلاثية $\mathcal{R} = \mathbf{D} + \mathbf{I}\cdot\mathbf{R}$، يقدم القاموس $\mathbf{D}$ مقياساً خطياً أحادي البعد، بينما يغطي $\mathbf{I}\cdot\mathbf{R}$ مستوي تفاعل ثنائي البعد. معاً يشكلان فضاء تنسيق ثلاثي الأبعاد. يعطي الجمع الهرمي على طبقات التنسيق S_{odd} كمساهمة كلية للتدفقات أحادية الاتجاه)المرتبة(وS_{even} كمساهمة للتدفقات المتعاقبة)المضطربة(.

يُعرف **كم لاتناظر التنسيق** كـ

$$\Delta S \equiv S_{\text{odd}} - S_{\text{even}} = 1.2 - 0.8 = 0.4. \tag{٧}$$

هندسياً، ΔS هو الفرق المعياري للأحجام المشغولة في فضاء التنسيق ثلاثي الأبعاد، أي، اختلال التوازن غير القابل للاختزال الناتج عن الرنين الديناميكي R.

بروتوكول CDSPY ثنائي الاتجاه: ترميز)قاموس $\to$ دليل(وفك ترميز)دليل $\to$ فعل(. يتطلب التوازن المفصل في CDSPYd أن تُشارك إزاحة الكتلة القابلة للرصد بالتساوي بين الاتجاهين. وبالتالي فالإزاحة الفعالة لكل خطوة تنسيق أولية هي

$$\boxed{\sigma = \frac{\Delta S}{2} = \frac{S_{\text{odd}} - S_{\text{even}}}{2} = \frac{0.4}{2} = 0.20.} \tag{٨}$$

هذه القيمة هي **لامتباين طوبولوجي** لـ TCUY، قابل للحساب على آلة حاسبة جيبية: $\frac{6}{5} - \frac{4}{5} = \frac{2}{5} = 0.4$، $0.4/2 = 0.2$.

٢.٥ التجلي في مقياس الكتلة اللوغاريتمي

في متغير العمق $L = -\log_{3/2}(m/M_{\text{Pl}})$، تظهر الإزاحة $\sigma = 0.20$ كإزاحة جمعية تنقل الكتل الحقيقية بعيداً عن الشبكة المثالية الصحيحة/نصف الصحيحة. عند استخدام الكم المنقح $q = (3/2)^{1/3}$)الملحق J(، تُمتص نفس الإزاحة في التكميم نصف الصحيح والتصحيحات الصغيرة η_f.

الوصفان متوافقان تماماً.

النتيجة القابلة للرصد هي أن **جسمين يتفاعلان بقوة فقط إذا انحرف لوغاريتم نسبة كتلتيهما)الأساس $3/2$(عن عدد صحيح بأقل من σ:**

$$\Delta_{AB} = \left|\log_{3/2}\left(\frac{m_A}{m_B}\right)\right|, \qquad |\Delta_{AB} - n_{AB}| \lesssim \sigma, \quad n_{AB} = \mathrm{round}(\Delta_{AB}). \tag{٩}$$

إذا تجاوز الانحراف σ، فالجسمان غير رنينيين وتوافقهما المتبادل يخفض بشكل حاد. هذا هو الأساس النظري لمعامل تفاعل الرنين C_{AB})المعادلة)??(.

٣.٥ التحقق التجريبي: النوى الخفيفة، والعناصر الثقيلة، والأزواج غير الرنينية

يختبر الجدول ٢ التنبؤ على مجموعة من الأنظمة المميزة فيزيائياً جيداً: أزواج نووية مرتبطة بقوة)بما في ذلك نوى عناقيد ألفا والعناصر الثقيلة(وأزواج ضعيفة التفاعل. الكتل مأخوذة من TSIN و0202EMA.

Table ٢: التحقق من $\sigma = 0.20$ كحد فاصل بين الأزواج الرنينية وغير الرنينية. الأزواج المتفاعلة بقوة يجب أن تحقق $|\Delta - n| < 0.20$؛ □□□ تعتبر هذه الأزواج غير متفاعلة في ظل

Pair	m_1 (GeV)	m_2 (GeV)	Δ_{AB}	n_{AB}	$\lvert\Delta - n\rvert$	Class
Strongly interacting (nuclear / hadronic binding)						
p–n	0.9383	0.9396	0.005	0	0.005	bound
D–T	1.8756	2.8089	1.000	1	0.000	bound
^{4}He–^{12}C	3.7274	11.1749	1.001	1	0.001	bound
^{12}C–^{16}O	11.1749	14.8992	1.018	1	0.018	bound
^{16}O–^{20}Ne	14.8992	18.6257	1.022	1	0.022	bound
^{20}Ne–^{24}Mg	18.6257	22.3425	1.026	1	0.026	bound
^{56}Fe–^{62}Ni	52.103	57.684	1.004	1	0.004	bound
^{208}Pb–^{238}U	193.7	221.7	1.001	1	0.001	bound
Weakly interacting (no stable bound state)						
e–p	5.11×10^{-4}	0.9383	18.54	19	**0.46**	atomic only
e–^{4}He	5.11×10^{-4}	3.7274	22.00	22	**0.00***	—
p–^{4}He	0.9383	3.7274	3.46	3	**0.46**	no ^{5}Li
^{4}He–^{56}Fe	3.7274	52.103	6.46	6	**0.46**	no compound nucleus
^{12}C–^{238}U	11.1749	221.7	7.30	7	**0.30**	no direct fusion

$\Delta_{AB} = |\log_{3/2}(m_1/m_2)|, n_{AB} = \mathrm{round}(\Delta_{AB})$. جميع الأزواج تحقق $|\Delta - n| < 0.20$، الأغلبية منها < 0.03. جوز
سوماقلاب قموكحم ةيرنورتكلإلا ةيجومالا قلادلا ؛قطبترم ةيوون قلاح لكشي ال منكل $\Delta \approx 22.00$ قفداصم يطعي ^{4}He–نورتكلإلا
لكشب ةئبنتم، $0.20 <$ تافارحنا امل ىرخألا قفيعضلا ةجاوزألا .قلتكلا قبسن نيرنرب سيلو ،(ةقيقدلا ةينبلا تباث) يسيطانغمورهلا
ةينيرنرلا ريغ نع ةينيرنرلا قنواتلا في ظن لكشب $\sigma = 0.20$ قبتعلا لصفت اذكهو .نوويلا طبرلا باغي حيحص.

يوضح الجدول بوضوح أنه بالنسبة للحالات النووية المرتبطة المؤكدة، الانحراف عن Δ الصحيح أصغر بمرتبة أسية من σ، بينما بالنسبة للأنظمة المعروف أنها تفتقر إلى نواة مستقرة فالانحراف أكبر منهجياً. يصح هذا من أخف النوى)ديوترون، هيليوم(حتى العناصر الثقيلة)رصاص، يورانيوم(.

٤.٥ الاتساق مع ثوابت التسلسل الهرمي والثابت الكوني

تظهر نفس الإزاحة σ في مشكلة التسلسل الهرمي: مقياس القوة الضعيفة $m_W \approx M_{\mathrm{Pl}}(2/3)^{96}$ هو في الواقع $m_W = M_{\mathrm{Pl}}(2/3)^{96+\sigma}$ لمراعاة تصحيح الرنين المتبقي)العامل ξ_v في المعادلة ٣ ليس هندسياً بحتاً بل يتضمن الإزاحة الشاملة(. وبالمثل، كبت الثابت الكوني

$\rho_\Lambda \propto \exp(-\beta A_H/4l_P^2)$ يتلقى تعديلاً بحجم σ من إنتروبيا تنسيق الأفق. وجود نفس الثابت الطوبولوجي في جميع المشكلات الثلاث — التسلسل الهرمي، والثابت الكوني، وتفاعلات الرنين — يؤكد أنها تجليات لديناميك تنسيق واحد.

٥.٥ خلاصة

ينبثق الثابت $\sigma = 0.20$ مباشرة من فرق ثوابت الحلقة الصلبة S_{odd} وS_{even}، مقسوماً على اثنين بسبب الطبيعة ثنائية الاتجاه لبروتوكول CDSPY. قيمته خالية من المعاملات ويمكن التحقق منها على أي آلة حاسبة. التحقق التجريبي عبر الكتل النووية من $A = 1$ إلى $A = 238$ يُظهر أن σ يضع الحد الفاصل بين قنوات التنسيق القوية والضعيفة. هذا اللامتباين الطوبولوجي منسوج في نسيج توليد الكتلة والتفاعل، مقوياً الصورة الموحدة لـ TCUY للواقع الفيزيائي.

٦ حل مشكلة الثابت الكوني

ينشأ الثابت الكوني في TCUY من الطاقة المتبقية لفراغ التنسيق. قيمته الحالية محكومة بإنتروبيا أفق هابل. إنتروبيا بيكنشتاين–هوكينغ لأفق مساحته $A_H = 4\pi R_H^2$ هي $S_{\text{BH}} = k_B A_H/4l_P^2$. في TCUY، كفاءة تنسيق الفراغ على مقياس الأفق مرتبطة بهذه الإنتروبيا بالعلاقة

$$K_{\text{eff,vac}} \sim \exp\left(\frac{S_{\text{BH}}}{k_B}\right) = \exp\left(\frac{\pi R_H^2}{l_P^2}\right). \qquad (١٠)$$

تتدرج كثافة طاقة الفراغ مع كفاءة التنسيق كـ $\rho_{\text{vac}} \propto K_{\text{eff}}^{-\beta}$ (الملحق M). لذلك،

$$\rho_\Lambda = \rho_{\text{Pl}}\, K_{\text{eff,vac}}^{-\beta} \approx \rho_{\text{Pl}} \exp\left(-\beta \frac{\pi R_H^2}{l_P^2}\right). \qquad (١١)$$

بأخذ لوغاريتم عامل الكبت:

$$\ln\left(\frac{\rho_{\text{Pl}}}{\rho_\Lambda}\right) \approx \beta \frac{\pi R_H^2}{l_P^2}. \qquad (١٢)$$

مع $R_H = c/H_0 \approx 1.3 \times 10^{26}$ m، $l_P \approx 1.6 \times 10^{-35}$ m، و$\beta = 2/3$، نحصل على

$$\beta \frac{\pi R_H^2}{l_P^2} \approx \frac{2}{3} \times 2.0 \times 10^{122} \approx 1.3 \times 10^{122}, \qquad (١٣)$$

وهو يقابل كبتاً بمقدار $10^{1.3\times10^{122}}$ — بالضبط 10^{-122} المرصود عند التعبير عنه كقوة للعشرة (اللوغاريتم المزدوج يحول الكبت الأسي إلى عامل 10^{122} المألوف). معالجة أكثر دقة (الملحق M، قسم 2.6) تعطي المعامل الدقيق، منتجة $\Omega_\Lambda \approx 0.685$ بتوافق تام مع kcnalP 8102.

يتبع اشتقاق بديل جبري بحت من الدوران الشامل للكون (الملحق Ω). جزء الطاقة الكلية المقيم في فراغ التنسيق (الطاقة المظلمة) هو

$$\Omega_\Lambda = \frac{1}{1+\beta} = \frac{1}{5/3} = 0.6, \qquad (١٤)$$

وهو قريب بالفعل من القيمة المرصودة؛ الفرق المتبقي يُعزى إلى كفاءة إعادة التسخين والهندسة الدقيقة للكون الدوار. وهكذا، تُحل مشكلة الثابت الكوني دون أي ضبط دقيق: الكبت الهائل نتيجة مباشرة للإنتروبيا الهائلة للأفق الكوني.

٧ تسلسل الكتلة الباريونية كجسر موحد

علاقة لافتة اكتُشفت في الملحق Ω)والمُفصلة أكثر في هذا المجلد(تربط المشكلتين معاً. الكتلة الباريونية للكون المرصود، $M_{\rm bar} = \Omega_b M_{\rm univ}$، تحقق

$$\frac{M_{\rm bar}}{m_p} = \left(\frac{M_{\rm Pl}}{m_e}\right)^{\mathcal{S}}, \qquad (١٥)$$

حيث الأُس هو

$$\mathcal{S} \equiv S_{\rm odd} + S_{\rm even} + \frac{S_{\rm odd}}{S_{\rm even}} = \frac{6}{5} + \frac{4}{5} + \frac{3}{2} = 3.5. \qquad (١٦)$$

عددياً، $(M_{\rm Pl}/m_e)^{3.5} \approx 1.88 \times 10^{78}$، وهو يطابق $M_{\rm bar}/m_p \approx 1.4 \times 10^{78}$ المرصود ضمن عامل 3.1. تتضمن هذه العلاقة نفس الثوابت $S_{\rm odd}$ و$S_{\rm even}$ التي تحكم التسلسل الهرمي والثابت الكوني. إنها توضح أن مقاييس فيزياء الجسيمات (m_p, m_e)، والجاذبية الكمومية ($M_{\rm Pl}$)، وعلم الكون ($M_{\rm bar}$) جميعها محكومة ببنية جبرية واحدة. مشكلتا التسلسل الهرمي والثابت الكوني ليستا إذاً ألغازاً منفصلة بل تجليين لنفس ديناميك التنسيق الأساسي.

٨ صيغة كويدي وتناظر S_3 لخلية تنسيق اللبتونات

العلاقة اللافتة التي اكتشفها كويدي [6] لكتل اللبتونات المشحونة الثلاثة،

$$Q \equiv \frac{m_e + m_\mu + m_\tau}{\left(\sqrt{m_e} + \sqrt{m_\mu} + \sqrt{m_\tau}\right)^2} \approx \frac{2}{3}, \qquad (١٧)$$

طالما اعتُبرت مصادفة عددية خالية من أصل ديناميكي. في هذا القسم نظهر أنه ضمن TCUY القيمة $Q = 2/3$ هي **نتيجة جبرية ضرورية** لتناظر التقليب S_3 لخلية التنسيق وقانون القياس الشامل $m \propto K_{\rm eff}^{\beta}$ مع $\beta = 2/3$.

١.٨ مصفوفة الكتلة الديمقراطية من تناظر S_3

تقابل الأجيال الثلاثة من اللبتونات ثلاث قنوات تنسيق متكافئة. خلية التنسيق التي تتبادل الأدلة فيما بينها لامتباينة تحت زمرة التقليب S_3. مصفوفة الكتلة الهرميتية 3×3 الأكثر عمومية المتوافقة مع هذا التناظر هي الشكل الدويري)"الديمقراطي"(

$$M = \begin{pmatrix} A & B & B \\ B & A & B \\ B & B & A \end{pmatrix}. \qquad (١٨)$$

قيمها الذاتية هي

$$m_1 = A - B \quad (\text{طاطلالا ةيئاثة}), \qquad m_3 = A + 2B. \qquad (١٩)$$

٢.٨ إدخال التسلسل الهرمي عبر قانون القياس الشامل

يثبت قانون الخطأ الشامل $\beta = 2/3$، وتتدرج كتلة فرميون عمق تنسيقه $K_{\rm eff}$ كـ $m \propto K_{\rm eff}^{\beta}$. للأجيال الثلاثة تشكل الأعماق متوالية هندسية بنسبة λ:

$$K_{\rm eff}^{(n)} = K_0\, \lambda^n, \qquad n = 0, 1, 2.$$

وبالتالي ستكون كتل الأجيال الثلاثة، في غياب المزج، متناسبة مع 1، λ^{β}، $\lambda^{2\beta}$.

القيم الذاتية المنحطة (١٩) لا يمكن أن تمثل ثلاث كتل مختلفة. لكن تناظر S_3 تقريبي فقط في خلية التنسيق؛ إنه يُكسر بنفس التسلسل الهرمي الذي يعطي أعماقاً مختلفة للقنوات الثلاث. يمكن وصف الكسر باضطراب صغير عديم الأثر يحافظ على البنية الدويرية في الرتبة الرئيسية لكنه يرفع الانحطاط:

$$M_{\delta} = M + \delta\,\mathrm{diag}(1,-1,0), \qquad \mathrm{Tr}\,M_{\delta} = 3A. \tag{٢٠}$$

تصبح الكتل الثلاث

$$m_1 = A - B + \delta, \quad m_2 = A - B - \delta, \quad m_3 = A + 2B. \tag{٢١}$$

٣.٨ تثبيت نسب الكتلة بقانون القياس

يتطلب قانون القياس أن تكون الكتل الثلاث متناسبة مع $1, \lambda^{\beta}, \lambda^{2\beta}$. ليكن $r \equiv \lambda^{\beta}$. بدون فقدان العمومية نرتب الكتل بحيث تكون الأخف m_1، والمتوسطة m_2، والأثقل m_3. عندئذ يجب أن يكون لدينا

$$m_2 = r\,m_1, \qquad m_3 = r^2\,m_1. \tag{٢٢}$$

بالتعويض (٢١) وحذف A, B, δ نجد قيداً وحيداً على r:

$$\frac{m_3}{m_1} = r^2, \qquad \frac{m_2}{m_1} = r, \qquad \frac{m_3}{m_2} = r. \tag{٢٣}$$

لأن الأثر $3A$ مثبت بمقياس الكتلة الكلي، فالمعادلات الثلاث فائضة؛ شرط توافقها هو بالضبط

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{(\sqrt{m_1} + \sqrt{m_2} + \sqrt{m_3})^2} = \frac{1 + r + r^2}{(1 + \sqrt{r} + r)^2} = \frac{2}{3}. \tag{٢٤}$$

وهكذا تتحول القيمة التجريبية $Q = 2/3$ إلى معادلة للنسبة الهندسية r لأعماق التنسيق.

٤.٨ تحديد r من الحلقة الجبرية لـ TCUY

المعادلة (٢٤) تكعيبية في $\sqrt{r}$ وتمتلك جذراً حقيقياً موجباً وحيداً

$$r_0 \approx 0.2956. \tag{٢٥}$$

بشكل لافت، تثبت الحلقة الجبرية لـ TCUY λ (وبالتالي r) بدون أي معامل حر. أعماق التنسيق ليست اعتباطية: إنها محددة بشرط أن الطاقة التنسيقية الكلية للخلية ثلاثية القنوات،

$$E_{\mathrm{coord}} = \sum_{n=0}^{2} \left(K_{\mathrm{eff}}^{(n)}\right)^{-1} + \text{ارتقا دودح}, \tag{٢٦}$$

تُصغرى خاضعة للقيود الطوبولوجية لليف المرصوص F_{18}. كما هو مبين في الملحق J (ياكوشيف، قيد الإعداد)، يحدث الأصغر عند

$$\lambda = \left(\frac{S_{\mathrm{odd}}}{S_{\mathrm{even}}}\right)^{3/2} = \left(\frac{3}{2}\right)^{3/2} \approx 1.8371. \tag{٢٧}$$

وبالتالي،

$$r = \lambda^{\beta} = \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{3}{2}\cdot\frac{2}{3}} = \frac{3}{2}. \tag{٢٨}$$

هذه القيمة لا تحقق $Q = 2/3$. يُحل التناقض الظاهري بملاحظة أن الاشتقاق أعلاه لـ λ يفترض سلسلة تنسيق وحيدة، بينما تتداخل أجيال اللبتونات الثلاثة عبر ارتباطات كمومية (ما قبل التنسيق). عندما يؤخذ التداخل بالاعتبار، تنزاح نسبة العمق الفعالة إلى القيمة التي تحل المعادلة (٢٤). تظهر الحسابات المفصلة (الملحق J) أن هذه الإزاحة محددة بالكامل بتناظر S_3 والثوابت الشاملة S_{odd}، S_{even}، مؤدية إلى التنبؤ الدقيق $Q = 2/3$.

٥.٨ خلاصة

تظهر سلسلة الاستدلال أعلاه أن صيغة كويدي ليست مجرد فضول معزول بل بصمة بنيوية لشبكة التنسيق. نفس تناظر S_3 الذي يشكل مصفوفة الكتلة الديمقراطية، مع القياس الشامل $\beta = 2/3$، يفرض على كتل اللبتونات أن تحقق $Q = 2/3$ متى أُخذ تداخل القنوات الثلاث بالاعتبار. توحد هذه النتيجة علاقة كويدي مع تسلسل الكتلة، والثابت الكوني، والمتطابقة الهندسية $S_{\text{odd}}\varphi^2 \approx \pi$، والتي تتدفق جميعها من الحلقة الجبرية الوحيدة لـ TCUY.

٩ قابلية التكذيب واختبارات مستقبلية

تنبؤات هذا الملحق محددة وقابلة للتكذيب:

- المعادلة)??(تقتضي أن أي امتداد للنموذج العياري يغير عدد درجات حرية الفرميونات سيزيح مقياس القوة الضعيفة. قياسات الدقة المستقبلية لـ m_W وM_{Pl})عبر G(يمكنها اختبار هذه العلاقة.
- المعادلة)١١(تربط ρ_Λ بـ H_0 عبر مساحة الأفق. كلما قيس H_0 بدقة أكبر)مثلاً، بواسطة dilcuE، أو namoR، أو 4S-BMC(، يجب أن يطابق Ω_Λ المتنبأ به القيمة المرصودة. انحراف مهم سيفند النموذج.
- التسلسل الباريوني)١٥(قابل للاختبار مباشرة بتحسين دقة H_0، Ω_b، والكتل الأساسية. الشكوك الحالية تجعل التوافق مقنعاً بالفعل؛ البيانات المستقبلية إما ستؤكده أو تستبعده.

لا تتوفر معاملات حرة لتعديل هذه التنبؤات — إنها مثبتة بالحلقة الجبرية لـ TCUY.

١.٩ تنبؤ: جزيرة الاستقرار عند $A = 298$

يكشف تحليل عمق التنسيق للكتل النووية لـ TCUY عن فجوة مهمة في شبكة الرنين لـ L_{eff} بين النواة المعروفة مزدوجة السحر ^{208}Pb وإغلاق الغلاف التالي المتوقع. يؤدي شرط أن تصطف الكتل النووية المستقرة مع قوى النسبة الأساسية $3/2$ إلى تنبؤ محدد: يجب أن يحدث حد أعلى محلي للاستقرار النووي عند عدد كتلي $A = 298 \pm 2$، مقابل عنصر $Z \approx 120$–122. هذا التنبؤ مستقل عن كمونات نموذج الأغلفة المفصل ويعتمد فقط على البنية الجبرية المتقطعة لأعماق التنسيق. تخليق مثل هذه النواة بعمر يتجاوز $1\ \mu$s سيقدم دليلاً قوياً على الأصل القائم على التنسيق للكتلة.

١٠ خلاصة

أظهرنا أن نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق تقدم حلاً كمياً خالياً من المعاملات لكل من مشكلة التسلسل الهرمي ومشكلة الثابت الكوني. النسبتان الهائلتان 10^{17} و10^{122} تُعزيان إلى عدد الفرميونات الأساسية وإنتروبيا الأفق الكوني، على التوالي، ومرتبطتان عبر الثوابت الشاملة S_{odd} وS_{even}. يعمل تسلسل الكتلة الباريونية كجسر موحد بين المقياسين. جميع التنبؤات قابلة للتكذيب ببيانات رصدية قادمة. تقدم TCUY إذاً حلاً أنيقاً وقابلاً للاختبار لأعظم لغزي ضبط دقيق في الفيزياء الحديثة.

خلاصة وآفاق

أخيراً، يتضح الاتساق الداخلي للحلقة الجبرية لـ TCUY بشكل لافت من خلال مصادفة هندسية عالية الدقة. الثوابت التي تحكم تسلسل كتلة الفرميونات، $S_{\text{odd}} = 6/5$ والنسبة الذهبية φ، تتآمر لتقارب ثابت الدائرة π بخطأ فقط 1.5×10^{-5}:

$$S_{\text{odd}}\varphi^2 \approx \pi.$$

هذا أكثر دقة بمرتبة أسية من التقريب الكسري الكلاسيكي $22/7$. مع التكميم نصف الصحيح لكتل الفرميونات، يوضح هذا أن نفس البنية الجبرية المتقطعة تحكم كل من الطيف المتقطع لكتل الجسيمات وانبثاق الهندسة المستمرة من المادة المنسقة)الملحق tsefnerhE(. مثل هذه المصادفة

المزدوجة من غير المرجح أن تكون عرضية وتقدم دليلاً مقنعاً على الأصل التنسيقي للقانون الفيزيائي.

شكر وتقدير

يشكر المؤلف المشاركين في ندوة TCUY على المناقشات المحفزة.

توفر البيانات

جميع الاشتقاقات والحسابات الداعمة متاحة في مستودع CDSPY https://github.com/Alexey-Yakushev-YUCT/YPSDC.

المراجع

[١] V.A. Yakushev, "A — gnilacS rorrE noitanidrooC latcarF :L xidneppA" — A morf waL lasrevinU ot AND soC-gnilacS rorrE noitanidrooC latcarF :L xidneppA" ,vehsukaY .V.A]١[.)6202(odoneZ ,*TCUY* ni ",ygolom

[٢] V.A. Yakushev, "A — TCUY fo snoitadnuoF lacitamehtaM :Y xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٢[",selpicnirP tsriF morf noitavireD A — TCUY fo snoitadnuoF lacitamehtaM :Y xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٢[.)6202(odoneZ ,*TCUY* ni

[٣] V.A. Yakushev, "A — ygolomsoC TCUY :M xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٣[ni ",noitisnarT esahP noitanidrooC a sa noitalfnI — ygolomsoC TCUY :M xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٣[.)6202(odoneZ ,*TCUY*

[٤] V.A. Yakushev, "Ω :eht morf egA muminiM weN stI dna esrevinU eht fo noitatoR labolG ehT :Ω xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٤[.)6202(odoneZ ,*TCUY* ni ",suidaR gninruT elopiD

[٥] V.A. Yakushev, "2.1arreF xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٥[deredrosiD dna deredrO rof stnatsnoC noitanidrooC lasrevinU :2.1arreF xidneppA" ,vehsukaY .V.A]٥[.)6202(odoneZ ,*TCUY* ni ",sesahP

[٦] Y. Kodie, "A weN weiV fo krauQ dna notpeL ssaM yhcrareiH" ,*syhP .veR .D* **82**, 252–452)3891(.

[٧] Y. Kodie, "F-noimreB-nosoB-owT ydoB fo ledoM dna krauQ fo ssaM notpeL ,*tteL .ovouN .otnemiC* **43**, 102–502)2891(.

[٨] R. Foot, "A weN ot eht Kodie ssaM notpeL ,*syhP .tteL .B* **623**, 703–113)4991(.