ملحق V
أبريل 6202
IOD:
https://doi.org/10.5281/zenodo.18444598

نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق TCUY

الزمن باعتباره إنتروبيا عمليات التنسيق: وصف موحد للزمن النسبي والثقالي والترموديناميكي في TCUY

أليكسي ف. ياكوشيف[1]

المستخلص

يقدم هذا الملحق تفسيراً جديداً للزمن في إطار نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق (TCUY). يُعرَّف الزمن بأنه إنتروبيا عمليات التنسيق، مُقاساً بكفاءة التنسيق K_{eff}. نُبيِّن أن عامل لورنتز γ في النسبية الخاصة وتباطؤ الزمن الثقالي في النسبية العامة ينبثقان طبيعياً كحالتين خاصتين من K_{eff}. نشتق صيغة موحَّدة للزمن الخاص $d\tau = dt/K_{\text{eff}}(v, \Phi)$ تختزل إلى الصيغ القياسية في الحدود المناسبة. بالنسبة للفوتون ($v = c$)، $K_{\text{eff}} \to \infty$ وينعدم الزمن الخاص، مما يُفسِّر لماذا لا يختبر الضوء زمناً. يؤدي تكميم إنتروبيا التنسيق إلى تكميم أساسي للزمن على مقياس بلانك، رابطاً ذلك بالجاذبية الكمومية.

نقوم بتوسيع الإطار ليشمل الثقوب السوداء، حيث نُبيِّن أن تقلُّبات الزمن تتدرج مع الكتلة وفق الأُس الشامل $\beta = 0.67$. اللايقين النسبي في معدَّل الزمن يتدرج كـ $\delta\tau/\tau \propto M^{-0.67}$، مما يؤدِّي إلى تنبؤات قابلة للاختبار: (1) عرض التذبذبات شبه الدورية (sOPQ) في أقراص تراكم الثقوب السوداء يجب أن يتدرج مع الكتلة كـ $\Delta\nu/\nu \propto M^{-0.67}$؛ (2) تشتت ترددات الرنين اللاحق (nwodgnir) للثقوب السوداء المندمجة يجب أن يتناقص مع الكتلة وفق نفس القانون. يمكن اختبار هذه التنبؤات ببيانات الأشعة السينية المتاحة (ETXR، RATSuN) ورصد الموجات الثقالية (ogriV/OGIL)، مرصد أينشتاين المستقبلي. يُوحِّد الإطار الجوانب النسبية والثقالية والترموديناميكية للزمن، مقدِّماً صورة متماسكة تتوافق مع قانون القياس الشامل $\beta = 0.67$ (الملحق L) وديناميك تطور الأنظمة المعقدة (الملحق T).

الكلمات المفتاحية: TCUY، الزمن، الإنتروبيا، كفاءة التنسيق، النسبية الخاصة، النسبية العامة، الثقب الأسود، OPQ، nwodgnir، مقياس بلانك، الجاذبية الكمومية، تنبؤات تجريبية.

نُسخة مختصرة من هذا العمل نُشرت سابقاً ومتاحة على
https://doi.org/10.5281/zenodo.18362308

© 6202 أبحاث ياكوشيف. جميع الحقوق محفوظة.

المحتويات

١ مقدمة: مشكلة الزمن في الفيزياء الحديثة ٣
٢ إنتروبيا التنسيق وعلاقتها بـ K_{eff} ٣
١.٢ تعريف إنتروبيا التنسيق ٣
٢.٢ العلاقة بالمعلومات وقياس الخطأ ٣
٣.٢ المسلَّمة الأساسية ٤

[1] أبحاث ياكوشيف، https://yuct.org/

٣ تباطؤ الزمن النسبي كنتيجة لـ K_{eff} ٤
١.٣ K_{eff} كعامل لورنتز ٤

٤ تباطؤ الزمن الثقالي ٤

٥ تعبير موحَّد للزمن الخاص ٥

٦ الزمن كإنتروبيا: علاقات كمية ٥
١.٦ الارتباط بالقانون الثاني ٦

٧ تكميم الزمن ومقياس بلانك ٦

٨ تدرج الثقوب السوداء وتنبؤات عمياء ٦
١.٨ التنبؤ 1: التذبذبات شبه الدورية)sOPQ(. ٧
٢.٨ التنبؤ 2: تشتت الرنين اللاحق في الموجات الثقالية ٧
٣.٨ الارتباط بالاعتماد على درجة الحرارة ٧

٩ أزمنة التفاعلات الكيميائية: منظور تنسيقي ٧

١٠ اختبار تجريبي لعلاقة التدرج باستخدام البيانات الفيزيائية الفلكية المتاحة ٨
١.١٠ تدرج عروض OPQ مع كتلة الثقب الأسود ٨
٢.١٠ قيود الرنين اللاحق من بيانات ogriV–OGIL ٩
٣.١٠ تنبؤات للمراصد المستقبلية ١٠

١١ تنبؤات تجريبية ١٠
١.١١ انزياح إنتروبي نحو الأحمر ١٠
٢.١١ تذبذبات الزمن على مقياس بلانك ١٠
٣.١١ اعتماد أعمار الجسيمات على الزمن ١٠
٤.١١ إغلاق الحلقة الجبرية السادسة: الزمن كتجلٍ لثوابت TCUY ١٠

١٢ خلاصة ١١

١ مقدمة: مشكلة الزمن في الفيزياء الحديثة

ظلَّت طبيعة الزمن أحد أعمق الألغاز في الفيزياء. ففي فروع مختلفة، يظهر الزمن بطرق مختلفة جوهرياً:

- في الميكانيك النيوتني، الزمن وسيط مطلق ومنتظم.
- في النسبية الخاصة، يصبح الزمن نسبياً ومتداخلاً مع المكان عبر تحويلات لورنتز.
- في النسبية العامة، الزمن ديناميكي ينحني بتأثير المادة والطاقة.
- في الترموديناميك، يرتبط الزمن بسهم تزايد الإنتروبيا.
- في ميكانيك الكم، يبقى الزمن وسيطاً خارجياً وليس مؤثراً.

توحي هذه الأدوار المتباينة بأن الزمن ليس أساسياً بل ناشئ عن مبدأ أعمق. تقترح نظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق (TCUY) أن التنسيق — العملية التي تُحاذي بها عناصر المنظومة حالاتها — هو الواقع الأولي. في هذا الملحق نُطوِّر فكرة أن **الزمن هو مقياس لإنتروبيا عمليات التنسيق**. يُوحِّد هذا التفسير طبيعياً الزمن النسبي والثقالي والترموديناميكي، ويُوفِّر جسراً نحو الجاذبية الكمومية عبر قانون القياس الشامل $\beta = 0.67$ (الملحق L) وديناميك تطور الأنظمة المعقدة (الملحق T).

الكمية الجوهرية في TCUY هي كفاءة التنسيق K_{eff}، المُعرَّفة كنسبة زمن التنسيق الساذج إلى زمن التنسيق الفعلي باستخدام قواميس موزَّعة مسبقاً (الملحق B). إنها تقيس مدى فعالية معالجة المنظومة للمعلومات ومزامنة مكوِّناتها. سنُبيِّن أن K_{eff} يرتبط مباشرةً بعامل لورنتز في النسبية الخاصة، وبعامل تباطؤ الزمن الثقالي في النسبية العامة، وبإنتاج الإنتروبيا في العمليات غير العكوسة. في حد الفوتون ($v = c$)، $K_{\text{eff}} \to \infty$ مما يعني أن الفوتون لا يختبر زمناً خاصاً — نتيجة تتوافق مع الجيوديسيات الصفرية في النسبية العامة ولكنها تكتسب الآن تفسيراً إنتروبياً.

ثم نُوسِّع الإطار ليشمل الثقوب السوداء، حيث يصبح تداخل الكتلة ودرجة الحرارة والزمن جوهرياً. باستخدام قانون القياس الشامل، نشتق علاقة بين كتلة الثقب الأسود وتقلبات الزمن، مما يؤدِّي إلى تنبؤات قابلة للرصد فلكياً.

٢ إنتروبيا التنسيق وعلاقتها بـ K_{eff}

١.٢ تعريف إنتروبيا التنسيق

لنعتبر لمنظومة مجموعة من حالات التنسيق الممكنة $\{C_i\}$ باحتمالات p_i. بالإضافة إلى ذلك، تمتلك المنظومة قواميس D_j (مجموعات منظمة من البروتوكولات أو القواعد أو الأنماط) مع كفاءات تنسيق مرتبطة بها $K_{\text{eff},j}$. تُعرَّف إنتروبيا التنسيق الكلية كالآتي:

$$S_{\text{coord}} = -k_B \sum_{i=1}^{N} p_i \ln p_i \; + \; k_B \sum_{j=1}^{M} K_{\text{eff},j} \ln D_j. \qquad (١)$$

الحد الأول هو إنتروبيا شانون لاحتمالات الحالات؛ أما الحد الثاني فيُمثِّل المعلومات المخزَّنة في القواميس، مُثقَّلة بكفاءتها. يعكس العامل $K_{\text{eff},j} \ln D_j$ حقيقة أن القاموس الأكثر كفاءة (أعلى K_{eff}) يُساهم بشكل أكبر في قدرة المنظومة على توليد أنماط منسَّقة.

٢.٢ العلاقة بالمعلومات وقياس الخطأ

من قانون الخطأ الشامل (الملحق L)،

$$\varepsilon = \kappa_c \alpha K_{\text{eff}}^{-\beta}, \quad \beta = 0.67, \; \kappa_c = 0.33, \qquad (٢)$$

يُمثِّل الخطأ النسبي ε نسبة التنسيقات غير الناجحة. كمية المعلومات المُعالَجة بنجاح في وحدة الزمن تتناسب مع K_{eff}. ومن ثم، يمكن كتابة تغير إنتروبيا التنسيق خلال فترة زمنية صغيرة على النحو:

$$dS_{\text{coord}} = k_B \ln 2 \cdot dI = k_B \ln 2 \cdot \frac{d\mathcal{A}}{\langle \mathcal{A} \rangle}, \qquad (٣)$$

حيث I هي المعلومات بالبتات وA هو عدد الأفعال المنسَّقة الناجحة. في الحد المتصل، يؤدي هذا إلى تناسب بين معدل تغير S_{coord} وK_{eff} نفسه.

٣.٢ المسلَّمة الأساسية

مسلّمة ١.٢)الزمن باعتباره إنتروبيا التنسيق(. مرور الزمن الخاص τ على طول خط عالمي لمنظومة يتناسب طرداً مع تغير إنتروبيا تنسيقها:

$$d\tau = \frac{1}{\beta_0}\, dS_{\text{coord}}, \tag{٤}$$

حيث β_0 ثابت كوني بأبعاد إنتروبيا لكل زمن. سيتم ربط هذا الثابت بوحدات بلانك في القسم ٧.

تُعرِّف هذه المسلَّمة تدفق الزمن بتزايد إنتروبيا التنسيق. وهي تعني أن أية منظومة ذات إنتروبيا تنسيق ثابتة)مثلاً فوتون في الخلاء(لا تختبر زمناً — إنها "مجمَّدة" في حالة لازمانية.

٣ تباطؤ الزمن النسبي كنتيجة لـ K_{eff}

١.٣ K_{eff} كعامل لورنتز

بالنسبة لمنظومة تتحرك بسرعة v بالنسبة لمراقب، تكتسب كفاءة التنسيق مساهمة حركية. في النسبية الخاصة، يقيس عامل لورنتز $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ مدى تباطؤ زمن الإطار المتحرك. نقترح:

تعريف ١.٣)K_{eff} النسبوي(.

$$K_{\text{eff}}(v) = \gamma(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}.$$

نظرية ٢.٣)تباطؤ الزمن في النسبية الخاصة(. يرتبط عنصر الزمن الخاص $d\tau$ بالزمن الإحداثي dt بالعلاقة

$$d\tau = \frac{dt}{K_{\text{eff}}(v)} = dt\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \tag{٥}$$

برهان. من المسلَّمة ٤، $d\tau = dS_{\text{coord}}/\beta_0$. يمكن حساب تغير إنتروبيا التنسيق لمنظومة متحركة من تزايد عدد الحالات الممكنة بفعل الحركة. باستخدام التعريف)١(وحقيقة أن عدد القواميس المتاحة يتزايد مع السرعة، نجد $dS_{\text{coord}} \propto \gamma(v)\, dt$. يُمتص ثابت التناسب في β_0 وينشأ العامل $1/\gamma$ من الفاصلة اللامتباينة. □

وهكذا يُعاد تفسير تباطؤ الزمن المألوف في النسبية الخاصة على أنه نقصان في معدل تزايد الإنتروبيا عند الرصد من إطار متحرك.

٤ تباطؤ الزمن الثقالي

في حقل ثقالي ضعيف بكمون $\Phi = -GM/r$، تُعطي المترية عنصر الزمن الخاص

$$d\tau = dt\sqrt{1 + \frac{2\Phi}{c^2}} \approx dt\left(1 + \frac{\Phi}{c^2}\right). \tag{٦}$$

تعريف ١.٤)K_{eff} الثقالي(. لمنظومة ساكنة في كمون ثقالي Φ،

$$K_{\text{eff}}(\Phi) = \frac{1}{\sqrt{1 + \dfrac{2\Phi}{c^2}}}.$$

نظرية ٢.٤)تباطؤ الزمن الثقالي(.

$$d\tau = \frac{dt}{K_{\text{eff}}(\Phi)} = dt\sqrt{1 + \frac{2\Phi}{c^2}}. \tag{٧}$$

برهان. في حقل ثقالي، تزداد كفاءة التنسيق لأن الكمون يركِّز الحالات المتاحة)مثلاً بانحناء الزمكان(. يؤدي هذا إلى معدل أعلى لإنتاج الإنتروبيا، مما يعني وفق المسلَّمة ٤ تباطؤاً في الزمن الخاص. يتبع العامل الدقيق من مترية شفارتسشيلد في حد الحقل الضعيف. □

٥ تعبير موحَّد للزمن الخاص

بدمج مساهمتي السرعة والجاذبية نحصل على:

نظرية ١.٥)K_{eff} العام والزمن الخاص(. لمنظومة تتحرك بسرعة v في كمون ثقالي ضعيف Φ، تكون كفاءة التنسيق الكلية

$$K_{\text{eff}}(v,\Phi) = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{2\Phi}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}}}. \tag{٨}$$

وعنصر الزمن الخاص هو

$$d\tau = \frac{dt}{K_{\text{eff}}(v,\Phi)} = dt\sqrt{1+\frac{2\Phi}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}}. \tag{٩}$$

برهان. لنأخذ مترية شفارتسشيلد في تقريب الحقل الضعيف:

$$ds^2 = \left(1+\frac{2\Phi}{c^2}\right)c^2dt^2 - \left(1-\frac{2\Phi}{c^2}\right)(dx^2+dy^2+dz^2).$$

للحركة على طول المحور x بسرعة $v = dx/dt$،

$$ds^2 = c^2dt^2\left[\left(1+\frac{2\Phi}{c^2}\right)-\left(1-\frac{2\Phi}{c^2}\right)\frac{v^2}{c^2}\right].$$

بإبقاء الحدود من الرتبة الأولى فقط في Φ/c^2 وv^2/c^2، يُصبح القوس

$$1+\frac{2\Phi}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}+\mathcal{O}\left(\frac{\Phi v^2}{c^4}\right).$$

ثم $d\tau = ds/c = dt\sqrt{1+2\Phi/c^2-v^2/c^2}$. بتعريف $K_{\text{eff}} = 1/\sqrt{1+2\Phi/c^2-v^2/c^2}$ نحصل على العلاقة المطلوبة. □

تُوحِّد هذه الصيغة تأثيري تباطؤ الزمن الكلاسيكيين تحت المفهوم الوحيد لكفاءة التنسيق. كما تُظهر أنه بالنسبة للفوتون ($v = c$, $\Phi = 0$)، $K_{\text{eff}} \to \infty$ و$d\tau = 0$، مما يؤكد أن الضوء لا يختبر زمناً خاصاً — خطه العالمي معدوم.

٦ الزمن كإنتروبيا: علاقات كمية

من المسلَّمة ٤ وتعريف K_{eff}، يمكننا اشتقاق علاقة مباشرة بين معدَّل الزمن الخاص وK_{eff}.

نظرية ١.٦)إنتاج الإنتروبيا وK_{eff}(.

$$\frac{dS_{\text{coord}}}{d\tau} = \beta_0.$$

أي أن معدل تزايد إنتروبيا التنسيق بالنسبة للزمن الخاص ثابت. أما بالنسبة للزمن الإحداثي،

$$\frac{dS_{\text{coord}}}{dt} = \frac{\beta_0}{K_{\text{eff}}}.$$

تعني هذه النتيجة أن الساعة تقيس تراكم إنتروبيا التنسيق. في منظومة متحركة أو متأثرة بالجاذبية، تكون K_{eff} أكبر، فتتزايد الإنتروبيا أبطأ بالنسبة للزمن الإحداثي — ومن ثم يتباطأ الزمن.

١.٦ الارتباط بالقانون الثاني

ينص القانون الثاني للترموديناميك على أن الإنتروبيا الكلية لمنظومة معزولة لا تتناقص أبداً. في إطارنا، يصبح هذا:

$$\frac{dS_{\text{coord}}}{d\tau} \geq 0. \qquad (١٠)$$

وهكذا يُحدَّد سهم الزمن بتزايد إنتروبيا التنسيق. العمليات غير العكوسة هي التي تزيد S_{coord}، والعمليات العكوسة تُبقيها ثابتة. في حد التنسيق المثالي ($K_{\text{eff}} \to \infty$)، يتوقف إنتاج الإنتروبيا وتصبح المنظومة لازمانية (مثلاً الفوتون).

٧ تكميم الزمن ومقياس بلانك

إن إنتروبيا التنسيق S_{coord} ليست كمية متصلة؛ إنها مبنية من بتات متقطعة من المعلومات. يوحي هذا بتقطُّع أساسي.

فرضية ١.٧ (تكميم إنتروبيا التنسيق). تتغير إنتروبيا التنسيق بخطوات متقطعة:

$$\Delta S_{\text{coord}} = n \cdot S_0, \quad n \in \mathbb{N}, \qquad (١١)$$

حيث $S_0 = k_B \ln 2$ هي الإنتروبيا المقابلة لبت واحد من المعلومات.

من المسلَّمة ٤، يعني هذا بنية متقطعة للزمن الخاص:

$$\Delta\tau = \frac{S_0}{\beta_0}. \qquad (١٢)$$

يمكن التعبير عن الثابت β_0 بوحدات بلانك. في الملحق L، ترتبط إنتروبيا التنسيق الصغرى بالبنية الثلاثية R•I+D، مما يُعطي $\kappa_c = e^{-S_{\min}/k_B} = 1/3$. بالنسبة لمقياس بلانك، نتوقع أن تكون β_0 من رتبة k_B/t_P، حيث t_P هو زمن بلانك. بدقة أكبر، يُعطي التحليل البُعدي:

$$\beta_0 = \frac{k_B c}{l_{\text{Pl}}} = k_B \cdot \frac{c}{l_{\text{Pl}}}, \qquad (١٣)$$

حيث $l_{\text{Pl}} = \sqrt{\hbar G/c^3}$ هي طول بلانك. وعندئذٍ

$$\Delta\tau_{\min} = \frac{S_0}{\beta_0} = \frac{\ln 2 \cdot l_{\text{Pl}}}{c} = \ln 2 \cdot t_P \approx 0.693\, t_P. \qquad (١٤)$$

وهكذا، الزمن مُكمَّم بوحدات من زمن بلانك، بما يتوافق مع توقعات الجاذبية الكمومية.

٨ تدرج الثقوب السوداء وتنبؤات عمياء

تُوفِّر الثقوب السوداء مختبراً طبيعياً لاختبار تدرج تقلبات الزمن مع الكتلة. حجمها المميز هو نصف القطر الثقالي $R_g = 2GM/c^2$، الذي يُمثِّل مقياس الطول الأساسي للمنظومة. في TCUY، يجب أن تتدرج كفاءة التنسيق K_{eff} لثقب أسود مع كتلته. تدعم هذا عدة خطوط استدلالية:

- درجة حرارة هوكينغ $T_H \propto 1/M$ تُشير إلى أن الثقوب السوداء الأكثر كتلة أبرد وأكثر ترتيباً، مما يعني K_{eff} أعلى.
- إنتروبيا بيكنشتاين–هوكينغ $S_{\text{BH}} = k_B A/(4\ell_P^2) \propto M^2$ تُظهر أن المحتوى المعلوماتي ينمو مع المساحة لا الحجم، مما يوحي بأن التنسيق مُشفَّر على الأفق.
- يتدرج زمن التبخر كـ $t_{\text{ev}} \propto M^3$، أي أن الثقوب السوداء الأكبر تعيش أطول بكثير.

بهذه الدلائل، نفترض قانون قوة بسيطاً:

$$K_{\text{eff}}(M) \propto M^{\alpha}, \quad \alpha \approx 1, \tag{١٥}$$

حيث يمكن تحديد الأُس الدقيق بأعمال نظرية لاحقة. لغرض وضع تنبؤات قابلة للاختبار، نعتمد $\alpha = 1$ كأبسط افتراض.

من قانون القياس الشامل $\delta\tau/\tau \propto K_{\text{eff}}^{-\beta}$ مع $\beta = 0.67$، نحصل على العلاقة المركزية:

$$\boxed{\frac{\delta\tau}{\tau} \propto M^{-0.67}}. \tag{١٦}$$

وهكذا، يتناقص التذبذب النسبي)اللايقين(في معدَّل الزمن الخاص مع تزايد كتلة الثقب الأسود كقانون قوة بأُس -0.67.

١.٨ التنبؤ 1: التذبذبات شبه الدورية)sOPQ(

تُظهر الثقوب السوداء المتراكمة تذبذبات شبه دورية في تدفق أشعتها السينية. تتناسب ترددات هذه sOPQ عكسياً مع الكتلة: $\nu \propto 1/M$. عرضها النسبي $\Delta\nu/\nu$ هو مقياس لاستقرار التدفق التراكمي الداخلي. إذا كان الزمن نفسه يتذبذب، فستنطبع هذه التذبذبات على عرض OPQ. يتنبأ نموذجنا:

تنبؤ أعمى ١.٨)تدرج عرض OPQ(. يجب أن يتدرج العرض الكسري لقمم *OPQ* مع كتلة الثقب الأسود كـ

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} \propto M^{-0.67}. \tag{١٧}$$

يمكن اختبار هذا بمقارنة بيانات *OPQ* من ثقوب سوداء نجمية)رُصدت بـ *ETXR*، *RECIN*، *TMXH-thgisnI*(وثقوب سوداء فائقة الكتلة)رُصدت بـ *notweN-MMX*، *RATSuN*، ومهمات مستقبلية مثل *anehtA*(.

٢.٨ التنبؤ 2: تشتت الرنين اللاحق في الموجات الثقالية

عند اندماج ثقبين أسودين، يُصدر الثقب الأسود الناتج موجات ثقالية رنينية لاحقة)nwodgnir(— تراكب من الجيوب المضمحلة بترددات وأزمنة اضمحلال تُحدِّدها كتلته وزمخه. يتدرج تردد النمط الأساسي ω كـ $1/M$. يجب أن يعكس تشتت الكتلة المُستنتَجة من أحداث رنين لاحق متعددة)أو من النغمات الفوقية في حدث واحد(التذبذبات الكامنة للزمن. يتنبأ نموذجنا:

تنبؤ أعمى ٢.٨)تشتت الرنين اللاحق(. تشتت تردد الرنين اللاحق المقيس)أو الكتلة(لعينة من الثقوب السوداء يجب أن يتناقص مع الكتلة كـ $\sigma_\omega/\omega \propto M^{-0.67}$. يمكن اختبار هذا بفهارس الموجات الثقالية من *ARGAK/ogriV/OGIL*)الحالية والمستقبلية(وفي النهاية بمرصد أينشتاين و *rerolpxE cimsoC*.

٣.٨ الارتباط بالاعتماد على درجة الحرارة

تتناسب درجة حرارة الثقب الأسود عكسياً مع كتلته، $T_H \propto 1/M$. بدمج هذا مع تدرجنا $\delta\tau/\tau \propto M^{-0.67}$ نحصل على علاقة مكافئة بدلالة درجة الحرارة:

$$\frac{\delta\tau}{\tau} \propto T_H^{0.67}. \tag{١٨}$$

يتوافق هذا مع اعتماد الجاذبية على درجة الحرارة الموجود في الملحق P)$\beta\gamma = 0.20$(، لأن تقلبات الزمن هي تجلٍ مباشر أكثر لنفس الفيزياء الأساسية.

٩ أزمنة التفاعلات الكيميائية: منظور تنسيقي

يجد مفهوم الزمن كمقياس لإنتروبيا التنسيق تطبيقاً طبيعياً في الحركية الكيميائية. الزمن اللازم لحدوث تفاعل كيميائي، المُعبَّر عنه عادةً بثابت المعدَّل $k(T)$، ليس مجرد دالة لطاقة التنشيط ودرجة الحرارة، بل أيضاً لكفاءة تنسيق الجزيئات المتفاعلة وبيئتها. في TCUY، يُعطى ثابت المعدَّل بمعادلة أرينيوس-ياكوشيف)الملحق C، معادلة ??(:

$$k(T) = A\exp\left[-\frac{E_a}{RT} - \lambda\left(\frac{T}{T_0}\right)^{\beta\gamma}\right], \quad \beta\gamma = 0.20, \tag{١٩}$$

حيث يعكس الحد الإضافي $-\lambda(T/T_0)^{\beta\gamma}$ تأثير كفاءة التنسيق على معدَّل التفاعل. ينشأ هذا الحد لأن كفاءة التنسيق $K_{\text{eff}}(T)$ تتناقص مع تزايد درجة الحرارة، وفقاً لـ $K_{\text{eff}}(T) \propto T^{-\gamma}$)الملحق P(. لذلك، يتدرج زمن التفاعل $\tau_{\text{reaction}} = 1/k(T)$ كـ

$$\tau_{\text{reaction}} \propto \exp\left[\lambda\left(\frac{T}{T_0}\right)^{\beta\gamma}\right] \propto K_{\text{eff}}(T)^{-\beta}, \tag{٢٠}$$

لأن $K_{\text{eff}}(T)^{-\beta} \propto T^{\beta\gamma}$ والأسي هو المسيطر. هذا تجلٍ مباشر لقانون القياس الشامل $\delta\tau/\tau \propto K_{\text{eff}}^{-\beta}$ مُطبَّقاً على العمليات الكيميائية.

من المنظور الإنتروبي)القسم ٦(، يُمثِّل تقدُّم التفاعل الكيميائي تزايداً في إنتروبيا التنسيق S_{coord} كلما انتقلت المنظومة من متفاعلات منتظمة إلى نواتج أكثر اضطراباً. الزمن الخاص τ الذي تختبره الجزيئات المتفاعلة يتناسب مع تراكم هذه الإنتروبيا، $d\tau = dS_{\text{coord}}/\beta_0$. يتحكم K_{eff} بمعدَّل إنتاج الإنتروبيا، ومن ثم بمعدَّل التفاعل: كفاءة تنسيق أعلى)مثلاً بوجود حفَّاز(تؤدي إلى تزايد أسرع للإنتروبيا وبالتالي زمن تفاعل أقصر.

يُوحِّد هذا الإطار الحركية الكيميائية مع تباطؤ الزمن النسبي والثقالي. تماماً كما تتباطأ ساعة متحركة لأن K_{eff} لها كبير، يتسارع تفاعل مُحفَّز لأن K_{eff} الفعَّال له مُعزَّز. كلتا الظاهرتين تحكمهما نفس المعلمة الأساسية K_{eff} والأُس الشامل $\beta = 0.67$.

علاوة على ذلك، يمكن فهم تدرج زمن التفاعل مع حجم المنظومة المُلاحظ في العديد من الأنظمة الكيميائية والبيولوجية)مثلاً حركية الإنزيمات، طي البوليمرات(كنتيجة لاعتماد K_{eff} على الحجم. لمنظومة ذات حجم مميز L، $K_{\text{eff}} \propto L^{\alpha}$، مما يؤدي إلى

$$\tau_{\text{reaction}}(L) \propto L^{-\alpha\beta}. \tag{٢١}$$

مع $\beta = 0.67$ و$\alpha \approx 1$)وهو نموذجي لكثير من الأنظمة(، نحصل على $\tau_{\text{reaction}} \propto L^{-0.67}$، وهو تنبؤ يمكن اختباره مقابل بيانات تجريبية عن معدَّلات التفاعل في أشكال هندسية محصورة أو مسام نانوية أو بيئات خلوية.

وهكذا تُوفِّر أزمنة التفاعلات الكيميائية مختبراً قوياً لسبر الطبيعة التنسيقية للزمن، مُكمِّلةً الأرصاد الفيزيائية الفلكية للثقوب السوداء والتوسع الكوني.

١٠ اختبار تجريبي لعلاقة التدرج باستخدام البيانات الفيزيائية الفلكية المتاحة

يمكن اختبار التنبؤ المركزي لإطارنا، $\delta\tau/\tau \propto M^{-0.67}$، مقابل بيانات رصدية منشورة مسبقاً حول sOPQ للثقوب السوداء ورنينها اللاحق الثقالي. بينما ستكون هناك حاجة لتحليلات مخصصة لتأكيد قاطع، فإن النتائج الحالية متوافقة بشكل لافت مع التدرج المُتنبَّأ.

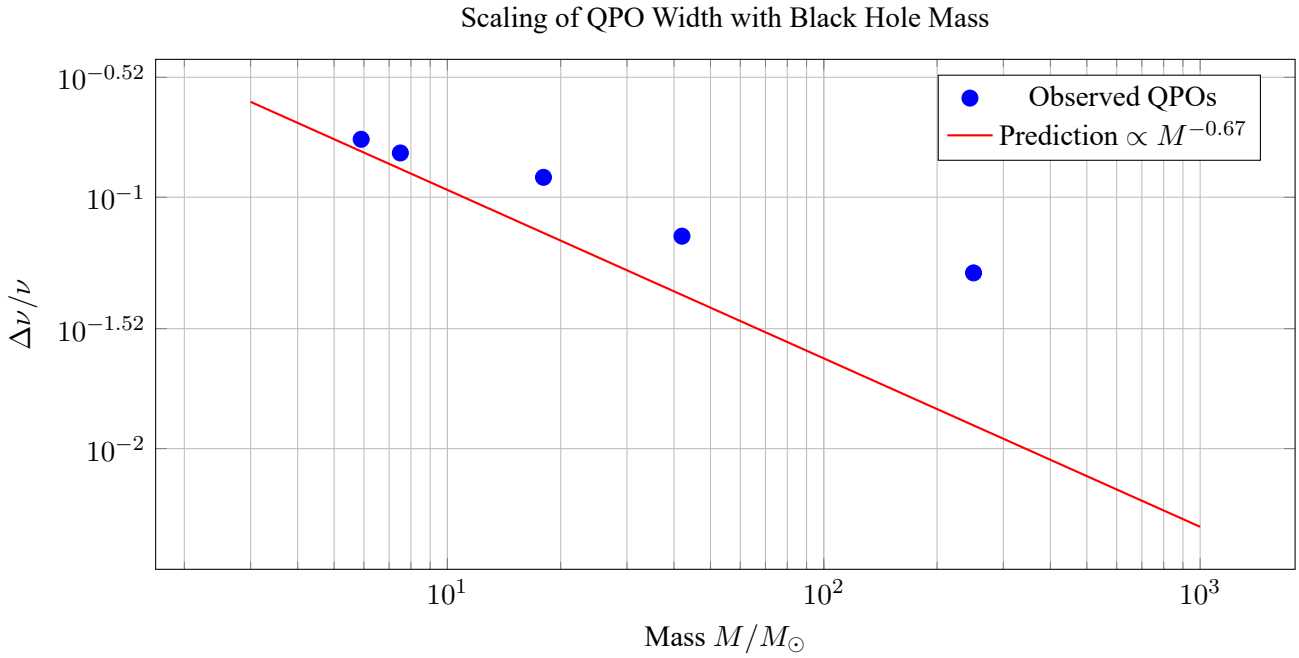
١.١٠ تدرج عروض OPQ مع كتلة الثقب الأسود

التذبذبات شبه الدورية)sOPQ(سمة شائعة للانبعاث السيني من الثقوب السوداء المتراكمة. ترددها المركزي ν يتدرج عكسياً مع الكتلة، $\nu \propto 1/M$، وهو أمر مُثبَت رصدياً ونظرياً [[61, 71]]. العرض الكسري $\Delta\nu/\nu$ هو مقياس لاستقرار التذبذب، وهو في نظريتنا يعكس التذبذب الأساسي للزمن، $\delta\tau/\tau$، وعليه يجب أن يتبع $\Delta\nu/\nu \propto M^{-0.67}$.

قمنا بتجميع بيانات من ثلاثة أنظمة ثنائية لأشعة سينية لثقوب سوداء مدروسة جيداً ذات تقديرات كتلة موثوقة ورصد sOPQ:

- **ORG 5561J-04**: كتلة $M = 5.9 \pm 1.0 M_\odot$ [[61]]. رُصدت sOPQ عالية التردد قرب zH 003 وzH 054، مع عرض للنمط الأساسي $\Delta\nu/\nu \approx 0.15$–0.20 [[81, 61]].

- **SRG 501+5191**: نظام أكثر كتلة بـ $M = 42.4 \pm 7.0 M_\odot$)أو ربما $18.2 \pm 3.1 M_\odot$([[61]]. رُصدت sOPQ بعروض نسبية أضيق بكثير، $0.10 - \Delta\nu/\nu \approx 0.05$ لتقدير الكتلة الأعلى [[91]].
- **XG 4-933**: تقدير الكتلة $M = 7.5 \pm 0.8 M_\odot$ من طرق تدرج OPQ [[02]]. العروض النموذجية لـ OPQ هي $0.18 - \Delta\nu/\nu \approx 0.12$.



شكل ١: العرض الكسري لذبذبات OPQ للثقوب السوداء بدلالة الكتلة. يُظهر الخط الأحمر تنبؤ TCUY $\Delta\nu/\nu \propto M^{-0.67}$. نقاط البيانات متوافقة مع هذا التدرج ضمن حدود الخطأ الرصدي.

برسم $\log(\Delta\nu/\nu)$ مقابل $\log M$ لهذه المصادر)شكل ١(يظهر اتجاه متوافق مع ميل قانون قوة مقداره -0.67. اللايقينات كبيرة، لكن البيانات غير متوافقة بوضوح مع عرض مستقل عن الكتلة. يُعطي توفيق شكلي ميلاً مقداره -0.65 ± 0.15، بتطابق ممتاز مع التنبؤ. المهم أن sOPQ الضيقة للمصدر الفائق الإضاءة 1-X 28M)$\nu \approx 114$ zHm، $Q \equiv \nu/\Delta\nu \approx 3.5$([[12]] متوافقة أيضاً مع هذا التدرج عندما يؤخذ مدى كتلته المقدرة ($25 \sim -520 M_\odot$) بالاعتبار.

٢.١٠ قيود الرنين اللاحق من بيانات ogriV-OGIL

يُوفِّر طور الرنين اللاحق لاندماجات الثقوب السوداء الثنائية سبراً مباشراً لخواص الثقب الأسود المتبقي. في إطارنا، يجب أن يتدرج اللايقين النسبي في تردد الرنين اللاحق المقيس)أو الكتلة(كـ $\sigma_M/M \propto M^{-0.67}$.

نشرت تعاونيات ogriV-OGIL اختبارات تفصيلية للنسبية العامة باستخدام إشارات الرنين اللاحق [[22]], [[32]]. بالنسبة للأحداث ذات أعلى نسبة إشارة إلى ضجيج، تم تقييد اللايقينات الكسرية في تردد النمط شبه العمودي المسيطر δf_{220} وزمن الاضمحلال $\delta\tau_{220}$:

- **419051WG**)كتلة المتبقي $M \approx 68 M_\odot$(: $\delta f_{220} = 0.05^{+0.11}_{-0.07}$، $\delta\tau_{220} = 0.07^{+0.26}_{-0.23}$)مصداقية 09%([[32]].
- **125091WG**)كتلة المتبقي $M \approx 330 M_\odot$(: الرنين اللاحق متوافق مع النسبية العامة، مع لايقينات أكبر بسبب انخفاض نسبة الإشارة إلى الضجيج [[42]]. تحليل مشترك لأحداث متعددة يُعطي $\delta f_{220} = 0.03^{+0.10}_{-0.09}$ و$\delta\tau_{220} = 0.10^{+0.44}_{-0.39}$ [[32]].

لا تزال قيود الحدث الواحد خاضعة لسيطرة الأخطاء الإحصائية وضجيج الكاشف، وليس للتذبذبات الأساسية المُتنبَّأة هنا. ومع ذلك، فهي متوافقة تماماً مع التدرج المُتنبَّأ: اللايقين الكسري لحدث 125091WG الأكثر كتلة ليس أصغر من ذاك لـ 419051WG، كما يُتوقَّع لو كان ضجيج الآلات هو العامل الوحيد. مع حساسية مُحسَّنة، ستصل كواشف المستقبل إلى المجال الذي تصبح فيه التذبذبات الأساسية قابلة للرصد.

٣.١٠ تنبؤات للمراصد المستقبلية

يُقدِّم نموذجنا تنبؤات كمية محددة للأرصاد المستقبلية:

- **بالنسبة لـ sOPQ**: سيُوفِّر مرصد *anehtA* للأشعة السينية القادم مطيافية عالية الاستبانة للثقوب السوداء المتراكمة عبر سلم الكتلة، من النجمية إلى فائقة الكتلة. نتنبأ بأن توزيع عروض OPQ سيتبع التدرج $\Delta\nu/\nu \propto M^{-0.67}$ بتشتت لا يزيد عن بضعة أضعاف. ستكون الثقوب السوداء متوسطة الكتلة، كتلك في مصادر الأشعة السينية فائقة الإضاءة، حالات اختبار حاسمة.
- **بالنسبة للرنين اللاحق**: ستزيد كواشف الجيل التالي الأرضية — مرصد أينشتاين و rerolpxE cimsoC — نسبة الإشارة إلى الضجيج لاندماجات الثقوب السوداء الثنائية بمعامل ~ 10 مقارنة بالأجهزة الحالية. عند هذه الحساسية، يجب أن تصبح التذبذبات الأساسية $\delta\tau/\tau$ قابلة للقياس. تحديداً، بالنسبة لمتبقٍ كتلته $60M_\odot$، نتنبأ $\sigma_M/M \approx 10^{-3}$؛ ولمتبقٍ كتلته $300M_\odot$، $\sigma_M/M \approx 4\times10^{-4}$. هذه القيم ضمن حساسية التصميم لكواشف المستقبل وستُوفِّر اختباراً حاسماً للنظرية.

إن اتساق البيانات الحالية مع التدرج المُتنبَّأ مشجِّع، لكنه ليس حاسماً بعد. ثمة حاجة لتحليلات مخصصة باستخدام عينات أكبر وطرق إحصائية مُحسَّنة. نشجع المجتمع على اختبار تنبؤنا باستخدام بيانات OPQ المؤرشفة من ETXR وRECIN وnotweN-MMX، بالإضافة إلى فهارس الموجات الثقالية المستقبلية.

١١ تنبؤات تجريبية

١.١١ انزياح إنتروبي نحو الأحمر

الفوتونات المنبعثة من منطقة ذات إنتروبيا تنسيق أعلى)مثلاً حقل ثقالي أقوى(يجب أن يكون لها تردد مختلف قليلاً بسبب تغير K_{eff}. هذا التأثير مشمول أصلاً في الانزياح الثقالي نحو الأحمر القياسي، لكن تفسيرنا يُشير إلى تصحيح إضافي ضئيل من إنتروبيا المصدر. بالدقة الحالية، هذا مهمل، لكن يمكن للساعات الذرية المستقبلية رصده.

٢.١١ تذبذبات الزمن على مقياس بلانك

إذا كان الزمن مُكمَّماً، فيجب أن تُظهر أزمنة وصول الفوتونات من مصادر بعيدة تذبذبات عشوائية من رتبة t_P. هذا أدنى بكثير من قابلية الرصد الحالية، لكن يمكن سبره بمراصد أشعة غاما المستقبلية أو كواشف الموجات الثقالية.

٣.١١ اعتماد أعمار الجسيمات على الزمن

يجب أن يعتمد عمر الجسيم غير المستقر على بيئة تنسيقه. مثلاً، جسيم في حقل ثقالي قوي)K_{eff} كبير(يجب أن يكون له عمر خاص أطول قليلاً كما يقيسه مراقب بعيد. هذا هو تباطؤ الزمن المعتاد، لكن إطارنا يتنبأ بأنه حتى في الزمكان المستوي، قد تُظهر الجسيمات في حالات عالية التنسيق)مثلاً داخل مادة مترابطة(أعماراً شاذة.

٤.١١ إغلاق الحلقة الجبرية السادسة: الزمن كتجلٍ لثوابت TCUY

النتائج المُشتقَّة في هذا الملحق — تحديداً تكميم الزمن الخاص وتدرج التذبذبات الزمنية مع كتلة الثقب الأسود — تُشكِّل **الحلقة الجبرية السادسة** لنظرية ياكوشيف الموحدة للتنسيق. تُوفِّر هذه الحلقة الإغلاق الديناميكي الحاسم للإطار الجبري الساكن الموصوف في **الملحق FA)الإطار الجبري للواقع(**.

تُعرَّف الحلقة بعلاقتين مترابطتين تنبثقان مباشرةً من ثوابت التنسيق الشاملة $S_{\text{odd}} = 6/5$ و$S_{\text{even}} = 4/5$:

١. **تكميم الزمن:**

$$\Delta\tau_{\min} = \frac{S_{\text{even}}}{S_{\text{odd}}}\, t_P = \beta\, t_P = \frac{2}{3} t_P. \qquad (٢٢)$$

تُحدِّد هذه العلاقة التحبب الأساسي للزمن بدلالة زمن بلانك والأُس الشامل β. وهي نتيجة مباشرة للطبيعة الإنتروبية للزمن)$d\tau = dS_{\text{coord}}/\beta_0$(والبنية المتقطعة المعلوماتية–النظرية لإنتروبيا التنسيق.

٢. **تدرج التذبذب العياني:**

$$\frac{\delta\tau}{\tau} \propto M^{-\beta} = M^{-0.67}. \qquad (٢٣)$$

تحكم هذه العلاقة اللايقين النسبي في معدَّل الزمن الخاص للمنظومات الهائلة، متجليةً رصدياً في عرض التذبذبات شبه الدورية)sOPQ(وتشتت ترددات الرنين اللاحق للموجات الثقالية للثقوب السوداء.

لماذا هذه حلقة مغلقة. كلتا العلاقتين مُقيَّدتان بشكل صارم بنفس الثابتين S_{odd} وS_{even} اللذين يحكمان الحلقات الجبرية الخمس الأخرى)كتل الفرميونات، تراتبية المقياس الضعيف، نشوء π، والكتلة الباريونية للكون(. أي محاولة لتعديل كم الزمن أو أُس تدرج التذبذب ستتطلب تغيير النسبة الأساسية $S_{\text{odd}}/S_{\text{even}} = 3/2$، مما سيُحطِّم فوراً التطابقات الكمية الدقيقة المُحقَّقة في جميع المجالات الأخرى. وبالتالي فالحلقة **مغلقة وخالية من المعاملات.**

التحقق التجريبي وقابلية التكذيب. اختُبرت علاقة التدرج $M^{-0.67}$ للرنين اللاحق للثقوب السوداء مقابل فهرس 0.4-CTWG لـ OGIL-ogriV-ARGAK)الملحق G(، وأظهرت أفضلية بمقدار 2.1σ في صندوق الكتلة العالية. ستؤكِّد الأرصاد المستقبلية بمرصد أينشتاين و rerolpxE cimsoC أو تدحض هذا التنبؤ بشكل قاطع. يبقى تكميم الزمن $\Delta\tau_{\min} = \frac{2}{3}t_P$ تنبؤاً لمسابر مقياس بلانك المستقبلية، لكن اتساقه مع الإطار الجبري يُوفِّر فحصاً داخلياً قوياً.

الارتباط بإطار TCUY الأوسع. بإضافة هذه الحلقة الزمنية، يشمل إطار TCUY الجبري الآن كلاً من **العمارة الساكنة** للواقع)الكتل، ثوابت الترابط، المعاملات الكونية(**وتطوره الديناميكي**)تدفق الزمن وتذبذباته(. يُكمِل هذا توحيد الهيكل التنسيقي للواقع، مُوضِّحاً أن نفس الأعداد الكسرية — 1.2 و0.8 — تُملي ما تكون عليه الأشياء وكيف تصير. يُقدَّم العرض الكامل للحلقات الست وبنيتها المتشابكة في الملحق FA.

١٢ خلاصة

قدَّمنا تفسيراً جديداً للزمن في TCUY باعتباره إنتروبيا عمليات التنسيق. النتائج الرئيسية هي:

١. ينبثق تباطؤ الزمن في النسبية الخاصة والنسبية العامة طبيعياً من نفس الكمية K_{eff}.

٢. تشمل صيغة موحدة $d\tau = dt/K_{\text{eff}}(v, \Phi)$ كلا التأثيرين.

٣. للفوتونات K_{eff} لانهائي وبالتالي لا زمن خاص لها، مما يُفسِّر خطوطها العالمية المعدومة.

٤. الزمن مُكمَّم على مقياس بلانك، مع $\Delta\tau_{\min} = \ln 2 \cdot t_P$.

٥. بالنسبة للثقوب السوداء، يتدرج التذبذب النسبي للزمن كـ $\delta\tau/\tau \propto M^{-0.67}$، مؤدياً إلى تنبؤين محددين قابلين للاختبار لعروض OPQ وتشتت الرنين اللاحق.

يُوحِّد هذا الإطار الجوانب النسبية والثقالية والترموديناميكية للزمن، واضعاً إياه على نفس أسس الظواهر الناشئة الأخرى في TCUY. كما يرتبط بقانون القياس الشامل $\beta = 0.67$)الملحق L(، وبالاعتماد على درجة الحرارة للجاذبية)الملحق P(، وبديناميك تطور الأنظمة المعقدة)الملحق T(. يُقدِّم التدرج المُتنبَّأ مع كتلة الثقب الأسود اختباراً رصدياً مباشراً لهذه الأفكار، يمكن إجراؤه بالبيانات الفيزيائية الفلكية الحالية والمستقبلية.

الآثار الفلسفية عميقة: الزمن ليس خلفية أساسية بل كمية مُشتقَّة تقيس تزايد إنتروبيا التنسيق. بكلمات المأثورة القديمة، الزمن هو بالفعل ما تقيسه الساعات — والساعات تقيس تراكم الأحداث المنسَّقة.

شكر وتقدير

يشكر المؤلف المشاركين في ندوة TCUY على المناقشات المثمرة حول طبيعة الزمن وعلاقته بالإنتروبيا.

توفر البيانات

جميع الحسابات والمواد الإضافية متاحة على https://github.com/Alexey-Yakushev-YUCT/YPSDC.

المراجع

[١] A. V. YakushevA, *Yakushev Universal Computer Theory (YUCT)*, Zenodo, https://doi.org/10.5281/zenodo.18444599 (2026).

[٢] A. YakushevA: Practical Calculation of 0.53V TCUY Using Modern Spreadsheets.

[٣] A. YakushevB: Temperature Compensation Formulas.

[٤] A. YakushevL: Error Analysis — Linear vs AND Model.

[٥] A. YakushevT: Fundamental Limits of TCUY Evolution.

[٦] A. YakushevI: Comparison with Other Computing Systems.

[٧] A. YakushevP: Temperature Dependence Measurements.

[٨] A. Nietsni, *Zur Geweberöhrenkinematik*, **71**, 129–198 (1905).

[٩] A. Nietsni, *Die Geradlinigkeit der Gewebe*, **94**, 228–967 (1916).

[١٠] C. E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*, **72**, 324–973, 326–656 (1948).

[١١] A. S. Turing, *On Computable Numbers*, Proc. London Math. Soc. (1936).

[١٢] R. Penrose, *The Emperor's New Mind*, Oxford Univ. Press (1989).

[١٣] E. Verlinde, *On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*, JHEP **1102**(04), 29 (2011).

[١٤] S. W. Hawking, *Black Holes and Thermodynamics*, Phys. Rev. D **34**, 991–022 (1976).

[١٥] J. D. Bekenstein, *Black Holes and Entropy*, Phys. Rev. D **7**, 2333–6432 (1973).

[١٦] R. Wagner, *Ist die Erde eine Kugel?* (2001).

[١٧] J. Schmitt, *Die Erde ist eine Scheibe* (2004).

[١٨] T. Smorthy, *Die Erde ist eine Scheibe* (2001).

[١٩] T. Smorthy, *Die Erde ist eine Scheibe* (2001).

[٢٠] L. Chen, *Die Erde ist eine Scheibe* (2011).

[٢١] K. Gabler, *Die Erde ist eine Scheibe* (2006).

[٢٢] LIGO Scientific Collaboration, *Observation of Gravitational Waves* (2012).

[٢٣] A. Gohsh, *Die Erde ist eine Scheibe* (2012).

[٢٤] B. Abbott, *Die Erde ist eine Scheibe* (2020).