AR_12: نظرية المحرك النجمي بانهيار الحدود الإلكترونية

النسخة الكاملة والهندسية

المؤلف: Víctor Estrada Díaz
الإطار: Einstein-VED
الاعتماد: تستخدم هذه الوثيقة **بنية الأنماط الـ22 للنيوكليون** المشتقة في **ES_14 (2026)** و**متوسط عمر النيوترون** من **ES_8 (2026)**.
DOI ES_14: الأنماط الحرة الـ22 في النيوكليون
DOI ES_8: ثابت بلانك في الهندسة
الموقع: https://estradad.es
الترخيص: CC BY-NC-SA 4.0

---

1. مقدمة

يصف هذا الإطار النظري **الآلية الأساسية للاشتعال النجمي**:

- **إنتاج النيوترونات** بانهيار الحد الإلكتروني تحت ضغط حرج.
- **المحرك النجمي** بوصفه مصدر طاقة ذاتي الاستدامة.
- **التغذية الراجعة ذات التخلفية** التي تحافظ على الاستقرار النجمي لمليارات السنين.

S+T: يقوم فقط على الثوابت الأساسية وهندسة 3

- كتلة الإلكترون m_e وكتلة البروتون m_p
- سرعة الضوء c
- ثابت البنية الدقيقة $\alpha = 1 / 137$ (مشتق)

- ثابت الجاذبية G
- نصف قطر البروتون $R_p = 2\lambda_p / \pi$ (مشتق من ES_1/ES_14)
- متوسط عمر النيوترون $\tau_n = 877\ \text{s}$ (مشتق من ES_8)

جميع الحسابات قابلة للاشتقاق جبريًا، دون معاملات حرة أو مواءمات تجريبية.

---

2. المقدمات الأساسية

1. **الحد المستقر للإلكترون:** $n = 137 \rightarrow \alpha = 1/137$ بدقة.
2. **الجاذبية التراكمية:** تولّد كتلة النجم ضغط جاذبية في اللب.
3. **حفظ الموجات:** عندما لا يستطيع الإلكترون الصعود أو الهبوط في مستوى الطاقة، ينهار حده على البروتون.
4. **عتبة الانهيار:** عندما يكون الضغط المحلي $P > P_{\text{crit}}$، يحدث:
$$p^+ + e^- \longrightarrow n + \nu_e$$
5. **التغذية الراجعة ذات التخلفية:** تزيد الطاقة المحررة الضغط على الطبقات العليا، فتغذي العملية راجعًا وتحافظ على نشاط المحرك.
6. يحمل **النيوترينو** فرق الكتلة المتبقي:
$$E_\nu = (m_p + m_e - m_n)c^2 - E_{\text{contorno}} \approx 0.78\ \text{MeV}$$
7. **النيوترون الناتج،** إذا أفلت من اللب النجمي، بمتوسط عمر $\tau_n = 877\ \text{s}$ إلى يتفكك:
$$n \longrightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$
مما يضمن التعادل الكهربائي للكون.

---

3. الثوابت الأساسية

الثابت	الرمز	القيمة	المصدر
كتلة الإلكترون	m_e	$9.109 \times 10^{-31}\ \text{kg}$	CODATA
كتلة البروتون	m_p	$1.673 \times 10^{-27}\ \text{kg}$	CODATA

الثابت	الرمز	القيمة	المصدر
سرعة الضوء	c	$2.998 \times 10^{8}\ \text{m/s}$	التعريف
ثابت الجاذبية	G	$6.674 \times 10^{-11}\ \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$	CODATA
ثابت البنية الدقيقة	α	$1 / 137$	Einstein-VED
نصف قطر بور	a_0	$5.292 \times 10^{-11}\ \text{m}$	CODATA
نصف قطر البروتون	R_p	$0.8412 \times 10^{-15}\ \text{m}$	ES_1/ES_14
قوة بور	F_{Bohr}	$e^2 / (4\pi\varepsilon_0 a_0^2)$	$8.24 \times 10^{-8}\ \text{N}$
طاقة الحد	E_{cont}	$\frac{1}{2} m_e c^2 \alpha^2$	2.18×10^{-18} J
الكتلة الشمسية	$M_\odot$	$1.989 \times 10^{30}\ \text{kg}$	مرجع
نصف القطر الشمسي	$R_\odot$	$6.963 \times 10^{8}\ \text{m}$	مرجع

---

4. طاقة الحد الإلكتروني

الطاقة التي يحررها كل إلكترون عند انهيار حده ثابتة وعامة:

$$E_{\text{contorno}} = \frac{1}{2} m_e c^2 \alpha^2$$

الحساب:

$$m_e c^2 = 9.109 \times 10^{-31} \times (2.998 \times 10^8)^2 = 8.187 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$\frac{\alpha^2}{2} = \frac{(1/137)^2}{2} = \frac{1}{37538} \approx 2.664 \times 10^{-5}$$

$$E_{\text{contorno}} = (8.187 \times 10^{-14}) \times (2.664 \times 10^{-5}) = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_{\text{contorno}} = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J} = 13.6 \text{ eV}$$

ملاحظة: تطابق هذه القيمة طاقة تأين ذرة الهيدروجين. **ليس ذلك مصادفة.** إنها الهندسة نفسها: حد الموجات الـ137 هو تكوين الطاقة الدنيا. يتطلب كسره إعادة تلك الطاقة. ويحررها الانهيار.

---

5. ضغط الاشتعال الحرج

المسألة الأساسية:
ما مقدار الضغط اللازم لإجبار إلكترون على انهيار حده على بروتون؟

5.1 قوة بور

القوة الكهروستاتيكية التي تُبقي الإلكترون في مدار بور هي:

$$F_{\text{Bohr}} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0^2}$$

$$F_{\text{Bohr}} = 8.24 \times 10^{-8} \text{ N}$$

5.2 الشغل اللازم للانهيار

لنقل الإلكترون من مداره المستقر a_0 إلى نصف قطر البروتون R_p، يكون الشغل المبذول ضد قوة كولوم:

$$W = \int_{R_p}^{a_0} F(r)\, dr \approx F_{\text{Bohr}} \cdot (a_0 - R_p) \cdot \eta$$

حيث η عامل حجب هندسي. ويكون التقريب المتحفظ:

$$W \approx F_{\text{Bohr}} \cdot a_0$$

$$W = (8.24 \times 10^{-8}) \times (5.29 \times 10^{-11}) = 4.36 \times 10^{-18} \text{ J}$$

يساوي هذا الشغل ضعف E_{contorno} **تمامًا.**
وهذا متسق: طاقة التأين نصف طاقة الوضع الكهروستاتيكية.

الضغط الحرج 5.3

الضغط قوة لكل وحدة مساحة. في محيط البروتون، تكون المساحة الفعالة من رتبة a_0^2:

$$P_{\text{crit}} = \frac{F_{\text{Bohr}}}{a_0^2} \cdot \frac{a_0}{R_p}$$

العامل 1: الضغط اللازم للتغلب على قوة بور في المدار:

$$\frac{F_{\text{Bohr}}}{a_0^2} = \frac{8.24 \times 10^{-8}}{(5.29 \times 10^{-11})^2} = 2.94 \times 10^{13} \text{ Pa}$$

العامل 2: عامل التركيز الهندسي (يجب تطبيق القوة حتى تقليل المسافة إلى R_p):

$$\frac{a_0}{R_p} = \frac{5.29 \times 10^{-11}}{0.841 \times 10^{-15}} = 6.29 \times 10^4$$

الضغط الحرج:

$$P_{\text{crit}} = (2.94 \times 10^{13}) \times (6.29 \times 10^4) = 1.85 \times 10^{18} \text{ Pa}$$

$$P_{\text{crit}} = 1.85 \times 10^{18} \text{ Pa}$$

هذه هي عتبة اشتعال المحرك النجمي.
دون بلوغ هذا الضغط، لا ينهار الإلكترون. لا إنتاج للنيوترونات. لا اندماج. لا نجم.

---

6. الكثافة الحرجة المقابلة

لغاز هيدروجين تحت ضغط شديد، ترتبط الكثافة بالضغط عبر معادلة الحالة. في حد الكثافة العالية (غاز منحط غير نسبي):

$$P = \frac{(\frac{h}{2\pi})^2}{5m_e}(\frac{3}{\pi})^{2/3}\rho^{5/3}$$

بحل المعادلة:

$$\rho_{\text{crit}} = (\frac{5m_e P_{\text{crit}}}{(\frac{h}{2\pi})^2 (3/\pi)^{2/3}})^{3/5}$$

الحساب العددي:

$$\frac{5m_e}{(\frac{h}{2\pi})^2} = \frac{5 \times 9.109 \times 10^{-31}}{(1.055 \times 10^{-34})^2} = 4.09 \times 10^{38}$$

$$(3/\pi)^{2/3} = (0.955)^{2/3} \approx 0.97$$

$$\rho_{\text{crit}} \approx (\frac{4.09 \times 10^{38} \times 1.85 \times 10^{18}}{0.97})^{3/5}$$

$$\rho_{\text{crit}} \approx (7.80 \times 10^{56})^{3/5} = (10^{56.89})^{3/5} = 10^{34.13}$$

$$\rho_{\text{crit}} \approx 1.35 \times 10^{34}\ \text{kg/m}^3$$

تتسق هذه القيمة مع الكثافة النووية.
يحدث الانهيار عندما تبلغ المادة كثافات قريبة من كثافات النواة الذرية.

---

7. المسافة الحرجة

متوسط المسافة بين البروتونات في اللب النجمي عند عتبة الانهيار هو:

$$d_{\text{crit}} = \left(\frac{m_p}{\rho_{\text{crit}}}\right)^{1/3}$$

$$d_{\text{crit}} = \left(\frac{1.673 \times 10^{-27}}{1.35 \times 10^{34}}\right)^{1/3} = (1.24 \times 10^{-61})^{1/3}$$

$$d_{\text{crit}} \approx 5.0 \times 10^{-21}\ \text{m}$$

هذه القيمة من رتبة نصف القطر النووي.

لا يحدث الانهيار عند 5.5 متر. إنه يحدث على المقياس النووي.

احتوت النسخة السابقة على خطأ مفاهيمي: استُخدمت الكتلة الكلية للنجم لحساب مسافة عيانية. **الضغط الحرج محلي، وليس كليًا.**

---

8. الطاقة الكلية المحررة في اللب النجمي

عدد الإلكترونات في اللب الذي يبلغ الكثافة الحرجة هو:

$$N_{\text{electrones}} = \frac{\rho_{\text{crit}} V_{\text{núcleo}}}{m_p}$$

ليس حجم اللب الذي يبلغ P_{crit} النجم كله، بل منطقة مركزية. ولنجم كالشمس، تكون هذه المنطقة من رتبة $R_{\text{núcleo}} \sim 0.2 R_{\odot}$:

$$V_{\text{núcleo}} = \frac{4}{3}\pi (0.2 R_{\odot})^3 = \frac{4}{3}\pi (1.39 \times 10^{8})^3 \approx 1.12 \times 10^{25}\ \text{m}^3$$

$$N_{\text{electrones}} = \frac{(1.35 \times 10^{34}) \times (1.12 \times 10^{25})}{1.673 \times 10^{-27}} \approx 9.04 \times 10^{55}$$

الطاقة الكلية المحررة:

$$E_{\text{total}} = N_{\text{electrones}} \times E_{\text{contorno}} = (9.04 \times 10^{55}) \times (2.18 \times 10^{-18})$$

$$E_{\text{total}} \approx 1.97 \times 10^{38}\ \text{J}$$

هذه القيمة من رتبة الطاقة الكلية التي تحررها الشمس طوال حياتها ($\sim 10^{44}$ J).
يرجع الفرق إلى أن الشمس **لا** تحرق كل هيدروجينها بانهيار الحد، بل باندماج البروتون–البروتون.
المحرك النجمي بانهيار الحد هو آلية الاشتعال، وليس آلية الاحتراق المطوّل.

---

9. التغذية الراجعة ذات التخلفية

لا تفلت الطاقة المحررة بانهيار الحد فورًا. إنها تسخن اللب وتزيد الضغط الحراري:

$$\Delta P = \frac{E_{\text{total}}}{V_{\text{núcleo}}} \approx \frac{1.97 \times 10^{38}}{1.12 \times 10^{25}} = 1.76 \times 10^{13} \text{ Pa}$$

هذه الزيادة في الضغط **غير كافية** بمفردها للحفاظ على $P > P_{\text{crit}}$ (P_{crit} أكبر بمقدار $\sim 10^5$ مرة).
لذلك ليس انهيار الحد الوقود الرئيسي. إنه الشرارة.

الذي **يحافظ بالفعل** على ،(CNO بروتون–بروتون، دورة) تشعل الشرارة الاندماج النووي التقليدي الضغط اللازم لمليارات السنين.

يعمل المحرك النجمي على النحو التالي:

1. **المرحلة 1 — الانضغاط الجذبي:**
   تنهار سحابة الهيدروجين حتى يصبح $P \approx P_{\text{crit}}$ في اللب.

2. **المرحلة 2 — انهيار الحد:**
   تنهار الإلكترونات الأولى، فتنتج نيوترونات وتحرر E_{contorno} .

3. **المرحلة 3 — الاشتعال:**
   ترفع الطاقة المحررة درجة الحرارة بما يكفي لبدء اندماج البروتون–البروتون.

4. **المرحلة 4 — التخلفية:**
   يحافظ الاندماج على الضغط فوق العتبة الجذبية.
   يستقر النجم.

5. **المرحلة 5 — النفاد:**
   حين ينفد الهيدروجين، ينخفض الضغط وينكمش اللب، و**يُبلَغ** P_{crit} **مجددًا**، فتُستأنف الدورة في طبقات أعلى أو بوقود أثقل.

---

10. النيوترون حارسًا للشحنة

كل نيوترون ينتج في اللب النجمي، إذا أفلت إلى الوسط بين النجمي، يتفكك:

$$n \longrightarrow p^{+} + e^{-} + \bar{\nu}_e$$

زمن التفكك: $\tau_n = 877\ \text{s}$ (ES_8).

النتيجة الكونية:
يتساوى عدد البروتونات والإلكترونات في الكون تمامًا، لأن **كل بروتون وكل إلكترون كانا، أو سيكونان، جزءًا من نيوترون**.

التعادل الكهربائي ليس مصادفة.
إنه ضرورة هندسية تفرضها دورة النيوترون.

---

11. الارتباط بالمقياس المجري

في أنوية المجرات النشطة $P_{\text{crit}} = 1.85 \times 10^{18}\ \text{Pa}$ تُبلَغ العتبة نفسها.

هناك يعمل المحرك النجمي على مقياس هائل:

- تنهار مليارات الإلكترونات في آن واحد.
- تقذف الطاقة المحررة المادة على شكل موجات متتابعة.
- هذه الموجات هي **القشور المتحدة المركز** المرصودة في Gaia.
- **قمم بواسون** هي نبضات قلب المجرة.

ما يكون شرارة في نجم، يكون كوازارًا في مجرة.

12. الخلاصة

1. **للمحرك النجمي ضغط اشتعال يمكن حسابه من المبادئ الأولى:**
$$P_{\text{crit}} = 1.85 \times 10^{18}\ \text{Pa}$$
2. **يُبلَغ هذا الضغط في الأنوية النجمية الضخمة والأنوية المجرية النشطة.**
3. **يحرر كل انهيار للحد** $E_{\text{contorno}} = 13.6\,\text{eV}$**، وهي طاقة تأين الهيدروجين.**
4. **النيوترون الناتج غير مستقر خارج اللب:** $\tau_n = 877\,\text{s}$.
5. **يضمن تفككه التعادل الكهربائي للكون.**
6. **تفسر الآلية نفسها، على مقاييس مختلفة:**
   - اشتعال النجوم.
   - إنتاج العناصر الثقيلة.
   - نشاط الكوازارات.
   - بنية المجرات.

المحرك النجمي ليس تشبيهًا.
إنه هندسة S+T 3 نفسها تعمل على جميع المستويات.

---

13. المراجع

- Estrada Díaz, V. (2026). *ES_14: الأنماط الداخلية الـ22 للنيوكليون*. Zenodo. 10.5281/zenodo.17172925
- Estrada Díaz, V. (2026). *ES_8: التفكك الحتمي للنيوترون*. Zenodo. 10.5281/zenodo.17172925
- Estrada Díaz, V. (2026). *ES_1: نصف قطر البروتون من الهندسة المحضة*. Zenodo. 10.5281/zenodo.17172925

- CODATA 2019. *القيم الموصى بها للثوابت الفيزيائية الأساسية*.

AR_12 نهاية