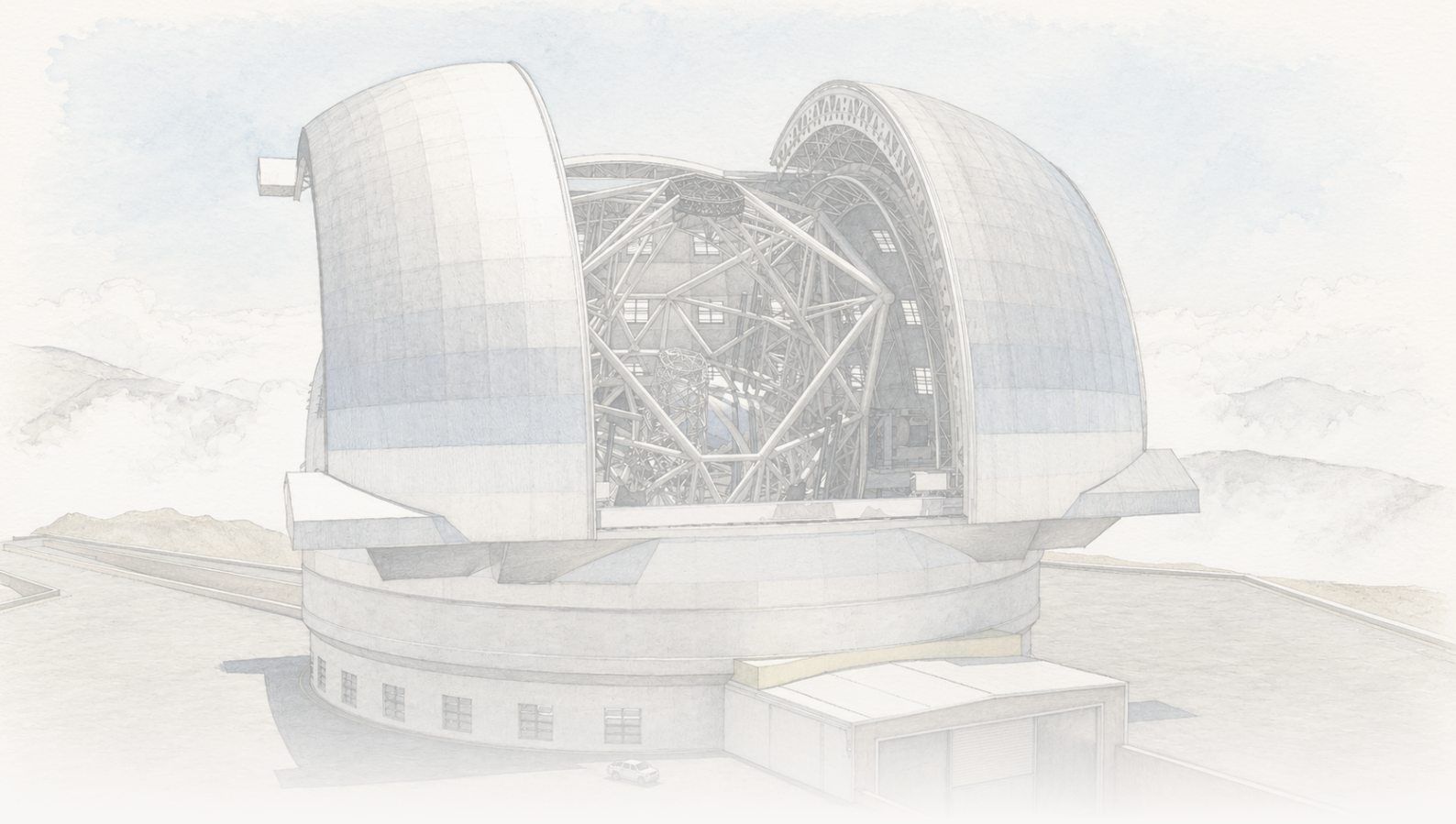




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

بین النجمی دمدار ستارے کی پہلی reading isotope اشارہ
دیتی ہے کہ وہ ایک پرانے، metal-poor ستارے کے گرد بنا
تھا — مگر bars error بڑے ہیں

ماہرینِ فلکیات نے VLT سے 3I/ATLAS تیسرے معلوم comet، interstellar میں کاربن اور نائٹروجن isotope تناسب
ناپے — کسی دوسرے ستارے سے آنے والی چیز کے لیے یہ پہلی بار ممکن ہوا۔ دونوں تناسب شمسی نظام comets سے
زیادہ ہیں، جو اس امکان کے مطابق ہے کہ 3I کسی پرانے، کم star metallicity کے گرد disk کے سرد reaches outer
میں بنا ہو۔ پیمائش حقیقی پہلا ہے، مگر ایک جسم، ایک سالہ سے دو تناسب اور بڑی uncertainties پر مبنی ہے — یہ
origin کی دریافت نہیں، اور زندگی سے اس کا کوئی تعلق نہیں۔

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Matteo and Nova Vela
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: High nitrogen and carbon isotopic ratios in the interstellar comet 3I/ATLAS, C. Opitom, J. Manfroid, D. Hutsemekers, E. Jehin, M.
M. Knight, K. Aravind, L. Ferrellec, D. Bodewits, V. V. Guzman, M. Cordiner, R. C. Dorsey, F. La Forgia, M. Lippi, B. P. Murphy, C.
Snodgrass, M. Bannister, Nature Astronomy (2026) · DOI: 7-02921-026-s41550/1038.10

دوسرے ستارے سے آیا ایک دمدار ستارہ اتنا قریب سے گزرا کہ اس کی کیمیائی ساخت پڑھی جا سکی — بمشکل

اب تک تین بار ماہرینِ فلکیات نے کسی دوسرے ستاروی نظام سے آنے والی چیز کو ہمارے نظام شمسی سے گزرتے دیکھا ہے۔ پہلی، 1I/'Oumuamua، 2017 میں تقریباً اس سے پہلے ہی نکل گئی کہ دوربینیں اس کی طرف موڑی جا سکیں۔ دوسری، 2I/Borisov، 2019 میں ایک حقیقی دمدار ستارہ تھی مگر بہت مدہم۔ تیسری، 3I/ATLAS، اتنی روشن اور اتنی قریب آئی کہ پہلی بار وہ پیمائش ممکن ہوئی جو پہلے کبھی نہیں ہو سکی تھی: ایسے مادے میں آکسوجن ناپنا جو کسی دوسرے ستارے کے گرد بنا تھا۔



دمدار ستارہ 3I/ATLAS اور اس کے گرد coma، جسے North Gemini نے 26 نومبر 2025 کو تصویر میں محفوظ کیا۔ یہ تصویر بصری سیاق دیتی ہے؛ آکسوجن پیمائش کے لیے استعمال ہونے والا UVES طیف نہیں ہے۔

International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA/B. Bolin; image processing: J. Miller, M. Rodriguez, T.A. Rector and M. Zamani CC BY 0.4

اس مقالے کی اصل کامیابی یہی خاموش سی بات ہے۔ کوئی نئی قسم کی چیز نہیں، زندگی کی کوئی علامت نہیں — بلکہ ایک ایسی پیمائش جو بین النجمی مادے پر پہلے کبھی ممکن نہ تھی: دو عدد، جن میں اس جگہ کی ایک دھندلی یاد محفوظ ہے جہاں 3I بنا تھا۔

آسٹوٹوپ تناسب کی پروا کیوں کی جاتی ہے

کاربن اور نائٹروجن، زیادہ تر عناصر کی طرح، آسٹوٹوپس میں پائے جاتے ہیں: ایسے ایٹم جن میں protons کی تعداد ایک جیسی ہوتی ہے مگر neutrons کی تعداد مختلف، اور اسی لیے کمیت بھی مختلف ہوتی ہے۔ کاربن-12 یا کاربن-13 جیسے نام میں عدد کمیت عدد ہے، یعنی protons اور neutrons کی کل تعداد۔ صرف ”کاربن“ کہنے سے عنصر یا اس کا عام mixture isotopic مراد ہوتا ہے، صرف کاربن-12 نہیں۔ اس mixture میں کاربن-12 غالب ہوتا ہے اور بھاری کاربن-13 کم مقدار میں؛ عام نائٹروجن میں بھی نائٹروجن-14 زیادہ اور بھاری نائٹروجن-15 بہت تھوڑی مقدار میں ہوتا ہے۔

یہ تناسب ہر جگہ ایک جیسے نہیں ہوتے۔ ہلکے اور بھاری آسٹوٹوپس کا تناسب جزوی طور پر اس درجہ حرارت، تابکاری اور کیمیائی تاریخ سے بنتا ہے جہاں سالہ وجود میں آیا۔ سرد، مدہم اور اچھی طرح محفوظ جگہ ایک طرح کی چھاپ چھوڑ سکتی ہے؛ زیادہ گرم، روشن یا زیادہ processed ماحول دوسری۔

اسی لیے آسٹوٹوپ تناسب کو پیدائش کے سرٹیفکیٹ کی ایک قسم سمجھا جا سکتا ہے۔ ہمارے نظام شمسی میں دمدار ستارے — سورج کی تشکیل سے بچی ہوئی برف — نسبتاً یکساں قدریں رکھتے ہیں، جن کا موازنہ ہم ان interstellar بادل اور disks سے کر سکتے ہیں جہاں ستارے بنتے ہیں۔ کسی دوسرے ستارے سے آنے والی چیز میں یہی تناسب پڑھ سکتا پہلی بار یہ سوال پوچھنے دیتا ہے کہ اس کا آبائی ماحول ہمارے ماحول سے کتنا ملتا جلتا تھا۔

انہوں نے کیا ناپا، اور پیمائش کتنی غیر یقینی ہے

European Southern Observatory کے بہت بڑا Telescope پر spectrograph UVES استعمال کرتے ہوئے ٹیم نے دسمبر 2025 کی کئی راتوں میں 3I/ATLAS کا مشاہدہ کیا اور اس کے CN سالمات سے آنے والی روشنی کا مطالعہ کیا۔ radical cyano CN — ایک سادہ دو-ایٹم سالہ جس میں ایک کاربن ایک نائٹروجن سے جڑا ہوتا ہے، اور دمدار ستاروں میں آسانی سے دکھائی دینے والی glowing نوع میں سے ایک ہے۔ چونکہ ایک CN سالہ میں کاربن اور نائٹروجن دونوں ایٹم ہوتے ہیں، اس کی روشنی دونوں عناصر کے fingerprints isotopic ایک ساتھ رکھتی ہے۔ اسی وجہ سے ٹیم ایک ہی سالہ سے کاربن اور نائٹروجن دونوں تناسب پڑھ سکی۔ نایاب آسٹوٹوپس کاربن-13 اور نائٹروجن-15 کی spectral لکیریں اتنی کمزور تھیں کہ انہیں ایک ایک کر کے الگ نہیں کیا جا سکتا تھا، اس لیے ٹیم نے منتخب لکیریں کو stack (co-add) کر کے ایک مشترک اشارہ بنایا جو پیمائش کے لیے کافی مضبوط تھا۔

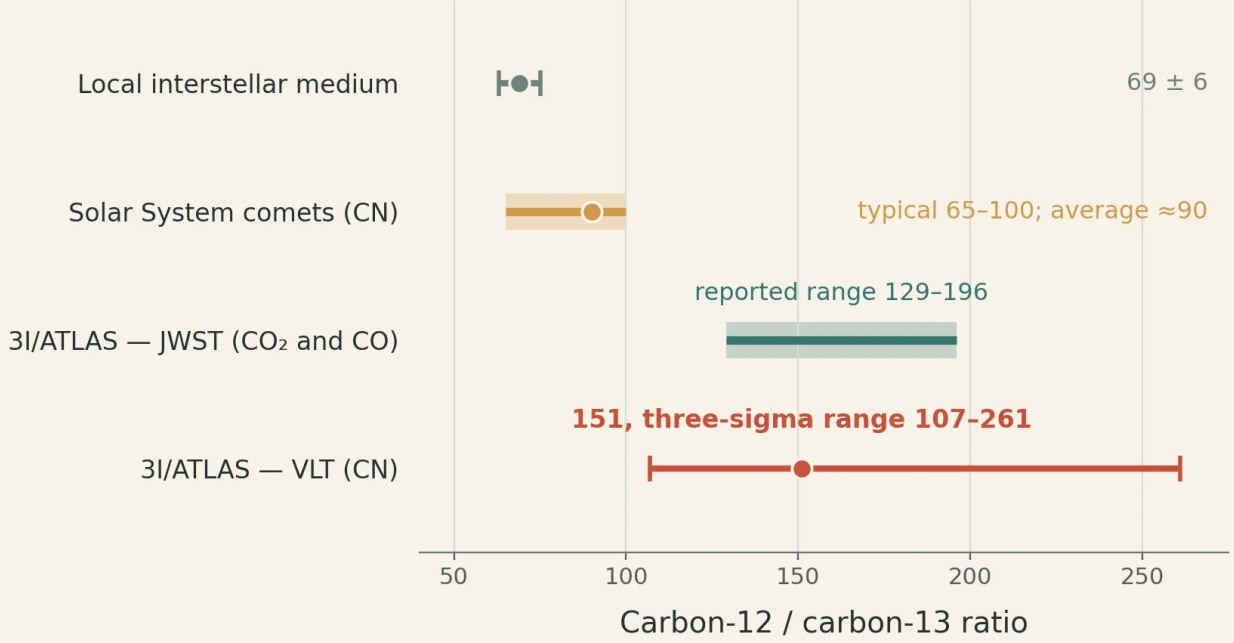
انہوں نے دو تناسب رپورٹ کیے:

- کاربن-12 سے کاربن-13 (three-sigma $151 \approx 13$) دائرہ تقریباً 107 سے 261،
- نائٹروجن-14 سے نائٹروجن-15 (three-sigma $363 \approx 15$) دائرہ تقریباً 210 سے تقریباً 1,000۔

قوسین میں دیے گئے یہی دائرے پوری کہانی ہیں، اور انہیں نظر انداز نہیں کرنا چاہیے۔ یہ ایک مدہم اور تیزی سے حرکت کرتے ہدف پر مشکل پیمائشیں ہیں، اور uncertainties بڑی ہیں — خاص طور پر نائٹروجن کے لیے، جہاں ”حقیقی“ قدر معقول طور پر نظام شمسی کے دمدار ستاروں سے کچھ اوپر سے لے کر کئی گنا زیادہ تک ہو سکتی ہے۔ اعداد و شمار جس بات کی نسبتاً مضبوط حمایت کرتے ہیں وہ ایک سمت ہے: دونوں تناسب عام شمسی نظام دمدار ستارہ سے زیادہ ہیں (کاربن کے لیے تقریباً 90، نائٹروجن کے لیے تقریباً 150)۔ اعداد و شمار کسی بہت درست واحد عدد کی حمایت نہیں کرتے۔ (نائٹروجن قدر پر طریقہ کی ایک اندرونی حد بھی آتی ہے: مطابق کو صرف 1,000 تک قدریں explore کرنے دی گئیں، اور دائرہ کا اوپری سرا تقریباً اسی بالائی حد پر ہے — اس لیے ”تقریباً 1,000“ اتنا ہی یہ بتاتا ہے کہ طریقہ نے کہاں دیکھنا بند کیا، جتنا یہ کہ حقیقی قدر کہاں ہو سکتی ہے۔)

3I/ATLAS has a high carbon ratio — but low precision

Carbon-12 / carbon-13; horizontal spans have different statistical meanings



Solar-comet values summarize CN measurements in Table 4. Other spans show a ± 6 uncertainty, a reported JWST range, and the VLT three-sigma interval; they are not equivalent confidence intervals.

CN میں VLT کی قدر عام شمسی نظام دمدار ستارہ دائرہ سے اوپر ہے، مگر اس کے ساتھ ایک چوڑا غیر متناسب three-sigma وقفہ ہے۔ شمسی نظام بینڈ وصفی ہے؛ دوسرے افقی spans کے شماریاتی meanings مختلف ہیں اور انہیں برابر قسم کے غلطی سلاخیں نہیں سمجھنا چاہیے۔

Original chart — The Clean Paper; values from Opitom et al., Nature Astronomy 2026 CC BY 0.4

اطمینان کی بات یہ ہے کہ کاربن کا نتیجہ JWST کے ایک آزاد اندازہ سے میل کھاتا ہے، جس نے یہی تناسب دوسرے سالمات — کاربن ڈائی آکسائیڈ اور کاربن monoxide — میں ناپا اور compatible دائرہ حاصل کی۔ دو instruments، دو سالمات، اور تقریباً ایک ہی دائرہ، کسی ایک پیمائش کے مقابلے میں زیادہ قائل کرنے والی ہے۔

یہ ہمیں کیا بتا سکتا ہے

دونوں تناسب کا نسبتاً زیادہ ہونا احتیاط کے ساتھ ایک ہی سمت کی طرف اشارہ کرتا ہے۔ زیادہ کاربن-12-to-13 کاربن-13 وہ چیز ہے جس کی کیمیائی evolution ماڈلز ایک پرانے، **metal-poor** ستارہ کے گرد توقع کرتے ہیں — ایسا ستارہ جو Galaxy کی تاریخ میں جلد بنا، اس سے پہلے کہ ستاروں کی کئی نسلیں گیس کو heavier کاربن سے غنی کر دیتیں۔ زیادہ ناٹروجن-14-to-15 ناٹروجن-15 ایسے سیارہ-forming قرص کے سرد اور اچھی طرح محفوظ حصے میں formation کے مطابق ہے جو ستارے کی بالائے بنفشی تابکاری سے دور ہو۔

ان دونوں کو ملا کر مصنفین 3I کو اس امکان کے مطابق سمجھتے ہیں کہ وہ ایک پرانے، کم metallicity والے ستارے کے گرد قرص کے ٹھنڈے reaches outer میں بنا تھا۔ یہ واقعی دلچسپ امکان ہے — اس صورت میں 3I ایسے ستارے کے گرد سیارہ-building کا نمونہ ہوگا جو سورج سے کافی مختلف ہے۔ لیکن یہاں ”مطابق“ کا لفظ اہم ہے۔ یہ اعداد و شمار سے اجازت پانے والی تشریح ہے،

کوئی ایسی جگہ نہیں جسے اعداد و شمار نے یقینی طور پر نشان زد کر دیا ہو۔

یہ کیا ثابت نہیں کرتا

- یہ نہیں بتاتا کہ 3I کہاں سے آیا۔ ”پرانے، metal-poor ستارہ کے مطابق“ ہونا دو تناسب کی ایک ممکنہ تشریح ہے، دریافت شدہ اصل میزبان نظام نہیں۔
- یہ بہت درست پیمائش نہیں ہے۔ uncertainties بڑی ہیں — خاص طور پر ناٹروجین تناسب ایک definite قدر سے زیادہ ”واضح طور پر زیادہ طرف“ کی بات کرتا ہے۔ کوئی سرخی جو ایک واحد confident عدد دے، نتیجے کو ضرورت سے زیادہ مضبوط بنا رہی ہوگی۔
- اس کا زندگی سے کوئی تعلق نہیں۔ CN ایک سادہ سالمہ ہے، اور آکسٹوپ تناسب formation کے دوران درجہ حرارت اور تابکاری کی تاریخ رکھتے ہیں، biology کی نہیں۔ یہ complex نامیاتی سالمات، قبل از حیات کیمیا یا کسی زندہ چیز کی detection نہیں۔
- یہ ایک جسم، دو تناسب اور ایک سالمہ پر مبنی ہے۔ یہ نہیں بتا سکتا کہ interstellar دمدار ستارے عمومی طور پر کیسے ہوتے ہیں — صرف یہ کہ یہ ایک جسم کیسا دکھائی دیتا ہے۔
- یہ سیارے یا دمدار ستارے کی formation کی ہماری سمجھ کو دوبارہ نہیں لکھتا۔ یہ ایک ایسی تصویر میں ایک غیر معمولی اعداد و شمار نقطہ شامل کرتا ہے جو زیادہ تر شمسی نظام اجسام اور دور دراز disks سے بنی ہے۔

شواہد کتنے مضبوط ہیں؟

محدود، مگر حقیقی — اور مصنفین اس بارے میں محتاط ہیں۔

- خود پیمائش واقعی پہلی ہے: پہلے کسی interstellar جسم سے آکسٹوپ تناسب نہیں نکالے جا سکے تھے، کیونکہ پہلے دو بہت مدہم تھے۔
- سب سے بڑی کمزوری precision ہے: غلطی سلاخیں بڑے ہیں، خاص طور پر ناٹروجین پر، اس لیے عین قدریں نرم ہیں، اگرچہ شمسی نظام دمدار ستارے سے زیادہ ہونے کی سمت نسبتاً مضبوط ہے۔
- یہ ایک جسم ہے، مختصر وقت میں ایک سالمہ (CN) سے ناپا گیا؛ birth ستارہ کے بارے میں تشریح ماڈل-dependent ہے۔
- کاربن نتیجہ کو دوسرے سالمات میں JWST کی آزاد پیمائشیں کی حمایت حاصل ہے، جو خاص طور پر اس تناسب پر اعتماد بڑھاتی ہے۔

یہ چوڑے غیر یقینی سلاخیں کے ساتھ ایک سنگِ میل پیمائش ہے — پہلی جھلک، کوئی طے شدہ نتیجہ نہیں۔

یہ کیوں اہم ہے

چند دہائیوں تک سیارہ formation کی کیمیا کے بارے میں ہماری تقریباً پوری معلومات ایک مثال سے آتی رہی: ہمارا اپنا نظام شمسی، اور دور کے ستاروں کے گرد disks کی glimpses telescope جہاں ہم جا نہیں سکتے۔ Interstellar اجسام استثنائیں ہیں — دوسرے ستارہ نظام سے آیا حقیقی طبیعی مواد، جو اتنا قریب سے گزرتا ہے کہ براہِ راست مطالعہ ممکن ہو۔

ان میں سے ایک میں آسٹوٹپ تناسب کو، خواہ تقریبی طور پر، پڑھ سکا واقعی ہماری صلاحیت میں اضافہ ہے۔ یہ سوال ”دوسرے نظاموں کے دمدار ستارے کس چیز سے بنے ہوئے ہیں؟“ کو بدل کر ”یہ رہے ان میں سے ایک کے دو اعداد“ بنا دیتا ہے۔ جیسے جیسے 3I/ATLAS دور جاتا ہے اور مستقبل میں زیادہ روشن visitors interstellar پکڑے جاتے ہیں — Rubin Vera Observatory جیسے observatories سے مزید دریافتوں کی توقع ہے — یہ ایسے موازنے کی پہلی داخلہ بن سکا ہے جو پہلے کبھی ممکن نہیں تھا: ہمارے نظام شمسی کی کیمیا کو دوسروں کی کیمیا سے ایک ہی قسم کی پیمائش کے ذریعے موازنہ کرنا۔

صاف خلاصہ

ماہرینِ فلکیات نے بہت بڑا Telescope استعمال کر کے، 3I/ATLAS تیسرے معلوم interstellar دمدار ستارہ، میں کاربن اور نائٹروجن آسٹوٹپ تناسب ناپے — کسی دوسرے ستارے سے آنے والی چیز کے لیے یہ پہلی ایسی پیمائش ہے۔ دونوں تناسب شمسی نظام دمدار ستارے کے مقابلے میں زیادہ نکلے، جو اس امکان کے مطابق ہے کہ 3I کسی پرانے، کم-metallicity ستارہ کے گرد قرص کے ٹھنڈے outer خطہ میں بنا ہو۔ یہ حقیقی پہلا ہے، مگر ایک جسم، ایک سالہ سے دو تناسب اور بڑی uncertainties پر مبنی ہے — یہ 3I کے اصل origin کی دریافت نہیں، نہ عین اعداد، اور نہ اس کا زندگی سے کوئی تعلق ہے۔

بلا مبالغہ جائزہ

مقالے کا دکھانا ہے: کسی interstellar جسم کے لیے پہلی آسٹوٹپ-تناسب پیمائشیں: دمدار ستارہ 3I/ATLAS کے CN سالہ میں کاربن-12/کاربن-13 ≈ 151 اور نائٹروجن-14/نائٹروجن-15 ≈ 363 ، VLT/UVES طیف نگاری سے۔ دونوں عام شمسی نظام دمدار ستارے سے زیادہ ہیں؛ کاربن قدر ایک آزاد JWST اندازہ سے بھی میل کھاتی ہے۔

کیا حقیقی ہے مگر تشریحی: یہ تجویز کہ 3I کسی پرانے، کم-metallicity ستارہ کے outer قرص میں بنا۔ زیادہ تناسب اور کیمیائی-evolution ماڈلز کے ساتھ یہ compatible ہے، مگر inference ہے، determination نہیں۔

یہ کیا نہیں دکھاتا: 3I اصل میں کہاں سے آیا؛ دونوں تناسب کی بہت precise قدریں، خاص طور پر نائٹروجن جس کے غلطی سلاخیں بہت بڑے ہیں؛ حیات، complex نامیاتی کیمیا یا habitability کے بارے میں کچھ؛ یا interstellar اجسام پر کوئی عمومی نتیجہ — یہ ایک جسم اور ایک سالہ ہے۔

اہم حدود: بڑی پیمائش؛ uncertainties مختصر مدت میں ایک ہدف؛ ایک سالہ (CN) سے تناسب؛ اور birth-environment تشریح کا ماڈل-dependent ہونا۔

عام قاری کو کتنا اعتماد رکھنا چاہیے؟ اس بات پر زیادہ اعتماد کہ یہ حقیقی پہلا ہے — interstellar مواد میں آسٹوٹپس پڑھے گئے — اور دونوں تناسب شمسی نظام دمدار ستارے کے مقابلے میں زیادہ طرف ہیں۔ عین قدریں پر کم اعتماد، اور birthplace کہانی پر مناسب احتیاط، کیونکہ یہ قرین قیاس تشریح ہے، firm نتیجہ نہیں۔ درست رویہ: دوسرے ستارے کی کیمیا میں ایک چھوٹی مگر حقیقی کھڑکی — زور چھوٹی پر۔

ماخذ

(2026) Astronomy Nature 3I/ATLAS, comet interstellar the in ratios isotopic carbon and nitrogen High al., et Opitom
<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02921-7>