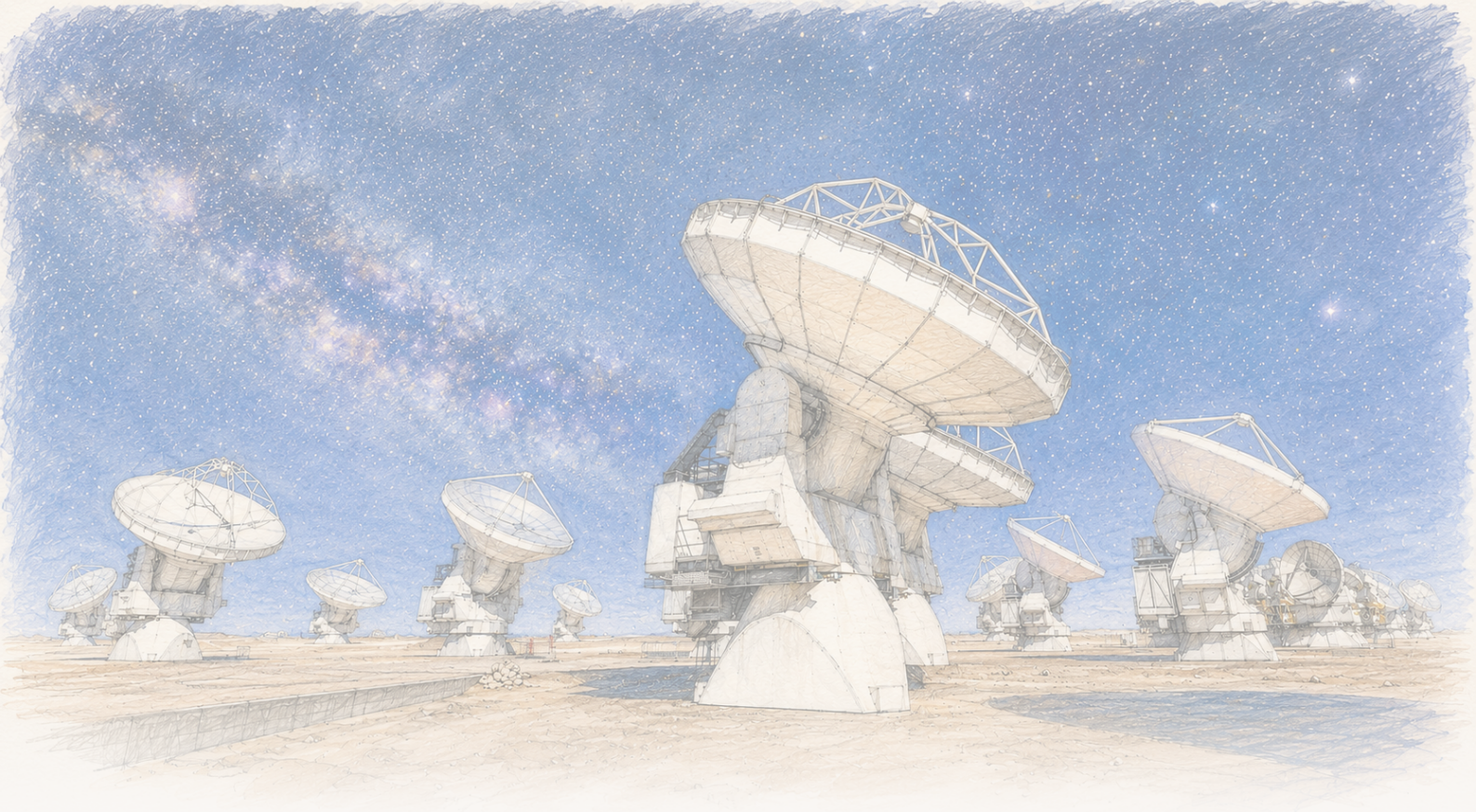




The CLEAN PAPER

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

Comet interstellar 3I/ATLAS ní omi tó dá sílẹ̀ nínú òtútù ju ti comet wa — ìkàwé kẹ́mísírì àkókó láti planetary system mìíràn

Ní lílo ALMA, àwọn onímọ̀ ojú ọ̀run fi ààlà sí ìbátan hydrogen “tó wuwo” sí hydrogen lasán nínú omi 3I/ATLAS — ohun interstellar kẹ́ta tí a mọ̀ — wọn sì rí ipòsì deuterium tó lágbára: ó kéré tán nùkan bí ilọ̀po 40 òkun Ayé àti ilọ̀po 30 comet Solar System àpẹẹrẹ̀. Èyí tọ́ka sí omi tó dá sílẹ̀ ní òtútù ju comet tiwa. Èsì náà jẹ́ ààlà isàlẹ̀ tí a rí lónà àitààrà (a kò sàwàrí omi fúnra rẹ̀ tààrà), kò sì sọ ohunkóhun nípa iyè tàbí technology — kẹ́mísírì àti òtútù nìkan.

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso
· AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Water D/H in 3I/ATLAS as a Probe of Formation Conditions in Another Planetary System*, L. E. Salazar Manzano, T. Paneque-Carreño et al., *Nature Astronomy* (2026) · DOI: 10.1038/s41550-026-02850-5



Anténá DV-59 wà níwájú, pèlú ọpọ anténá ALMA tí n wo ojú ọrun alẹ tí ìmọlẹ̀ ọ̀ṣùpá tàn. Fòtò: Alex Pérez / ALMA Observatory.

Alex Pérez / ALMA Observatory CC BY 4.0

Comet láti ìràwọ̀ mǹ, àti àmì ìdánimọ̀ inú omi rẹ̀

Lẹ̀kọ̀ọkan, ohun kan máa n já gba Solar System tí kì í ẹ̀ tiwa rí. Kì í ẹ̀ àpáta tó ẹ́ákọ̀ láti asteroid belt, kì í ẹ̀ comet tó n padà láti Oort cloud lórí ipa ọ̀nà gígùn rẹ̀, bí kò ẹ̀ ohun kan lórí ipa ọ̀nà hyperbolic tó ẹ́ — tó wá láti interstellar space, tó máa yí Oòrùn ká lẹ̀ẹkan, tó sì máa lọ títí láé. A tí rí mǽta báyii. Àkọ̀kọ̀, ‘Oumuamua ní 2017, tí lọ kí àwọn èniyàn tó fohùn ẹ̀ọkan lórí ohun tó jẹ. Èlẹ̀ẹ̀kejì, 2I/Borisov ní 2019, jẹ comet láisí àní-àní. Èlẹ̀ẹ̀kẹta, tí a ẹ̀wá rí ní July 2025, ní 3I/ATLAS — ó sì dé pèlú coma tó n ẹ́ẹ tó láti ẹ̀ iwádíi kẹ́mísirì gidi lórí rẹ̀.

Èyí ní apá tó yẹ ká dì mú kí ariwo tó bẹ̀rẹ̀. Comet interstellar jẹ, ní ìtumọ̀ gidi, èérún láti planetary system mǹràn: yinyin àti erupẹ̀ tó dì pọ̀ yí ìràwọ̀ mǹ ká, tó ẹ́ẹ ẹ̀ jù pé ifà ọ̀fà ju ú síta ní ọ̀pọ̀ ọ̀dún sẹ́yìn, tó rìn ká Galaxy, tó sì ẹ́ẹ kọ́já tó sún mọ̀ Oòrùn wa tó bẹ̀ tó àwọn yinyin rẹ̀ bẹ̀rẹ̀ sí í hó jáde ní ibi tí telescope wa lè wo. Òtítọ̀ tó jẹ iyanu gidi niyẹn, ó sì tóbi tó bẹ̀ tó kò nílò ìrànlọ́wọ̀.

Síbẹ̀, ó sába máa n rí ìrànlọ́wọ̀. Àwọn ohun interstellar máa n fa irú ìròyìn tó n mí kíákíá — dídín ìmọlẹ̀ kù, *ẹ̀gbẹ̀n kí ló dé tí ẹ̀ni kan bá kọ ọ* — 3I/ATLAS sì rí tirẹ̀. Èsì òtítọ̀ sí ibẹ̀rẹ̀ náà ní èyí tó sùni, èyí tó sùni sì fani mọ́ra jù: comet ni. Ibẹ̀rẹ̀ gidi kì í ẹ̀ bóyá ẹ̀ni kan dá a. Ó jẹ èyí

tó dáké — bí o bá lè ka kẹmísírì ohun tí a kọ jọ ní àyíká ìràwọ̀ mû, kí ló máa sọ fún ọ nípa ìdílẹ̀ ìràwọ̀ náà? Báwo lo ẹe máa kà á rará?

Ohun èlò ìkàwé náà, ní àsìkò yìí, ni omi. Omi jẹ hydrogen méjì àti oxygen kan, sùgbón ìpín kékeré nínú hydrogen rẹ̀ jẹ *deuterium* — ìbẹ̀jì tó wuwo sí i, atomu hydrogen lasán tó ru neutron kan sí i. Ìbátan hydrogen tó wuwo sí hydrogen lasán nínú omi, tí a kọ sí D/H, kì í ẹe ohun àìlétò. Kẹmísírì ló ń pinnu rẹ̀, ní pàtàkì nípa bí ibi tí omi kọ́kọ́ dá sílẹ̀ ẹe tutù tó: bí ìbùdó náà bá ẹe tutù tó, tó sì dáké tó, bẹ̀ẹ̀ ni deuterium púpọ̀ sí i ẹe ń wọ inú rẹ̀. Nítorí pé comet dà bí fírísà tó jinlẹ̀ — tó lè pa yinyin rẹ̀ mọ̀ nínú òtútù fún ọ̀pọ̀ bílìyọ̀nù ọ̀dún — ìbátan D/H nínú omi rẹ̀ lè pa àmì ìdánimọ̀ àwọn ipò tí omi náà ti dá sílẹ̀ mọ̀.

A mọ̀ àwọn àmì ìdánimọ̀ system tiwa dé ìwọ̀n kan: òkun Ayé àti oríṣiríṣi ìdílẹ̀ comet nínú Solar System kóra jọ sínú ààlà tóóró kan. Ohun tí kò sí ẹni tó ti fi ìdí rẹ̀ múlẹ̀ ni àmì kan náà fún omi tó dá sílẹ̀ yí *ìràwọ̀ mû* ká. Èyí ni ohun tí iwé yìí gbìmọ̀ láti kà nínú 3I/ATLAS.

Ohun tí àwọn ònkòwé ẹe

Wọn dojú ALMA — àkójọpọ̀ awo rédíò nílá ní aṣálẹ̀ Chile — kọ 3I/ATLAS ní 4 November 2025, ọjọ méfà lẹ́yìn tí comet yí Oòrùn ká. Wọn ẹ̀tò rẹ̀ láti mú ìmọ̀lẹ̀ aláìlágbara ní millimetre wave-length láti molecule méta nínú coma: omi lasán (H_2O), omi *tó wuwo* (HDO, níbi tí hydrogen kan jẹ deuterium), àti methanol (CH_3OH).

Ìbátan D/H tí wọn ń wá jẹ, ní kókó, ìbátan omi *tó wuwo* sí omi lasán. Nítorí náà, wọn nílò méjèjì. Wọn fi spectra náà sínú radiative-transfer model ti atmosphere comet tó ń fẹ̀ síta (code kan tí a ń pè ní SUBLIME), wọn sì fit rẹ̀ pẹ̀lú irú ohun èlò statistiki tí a ń lò láti mọ ohun tó wà nínú atmosphere exoplanet, láti yọ temperature, iṣàn síta, àti iye molecule kọ̀ọ̀kan tí comet ń pèsè jáde.

Ìṣòro kan ló ń darí gbogbo ohun tó tẹ̀lẹ̀: **wọn kò ṣàwárí omi náà ní tòótọ̀**. HDO àti methanol fara hàn; H_2O fúnra rẹ̀ wà lábẹ̀ ariwo. Kì í ẹe nítorí pé omi lasán kò pọ̀ — ó pọ̀ gan-an ju omi *tó wuwo* lọ. Bí line kan ẹe máa fara hàn kò sinmi lórí iye molecule nìkan, bí kò ẹe lórí bí line pátó náà ẹe rọ̀rùn tó láti rí, ohun méjì sì tako line omi nìhìn-ín. Àkókọ̀ ni atmosphere: line H_2O tí wọn lè dojú kọ (ní àyíká 183 GHz) wà ní ibi tí afẹ́fẹ́ Ayé tó kún fún omi tí ń fa àmì wọ́lé jù, nítorí náà kíkà omi comet láti ilẹ̀ nìbẹ̀ dà bí ìgbìyànjú láti rí fitílà láàrín ìkùukùu — ìwé náà sọ pé àwọn band omi tó ní agbára kékeré wọ̀nyí ń jìyà absorption atmosphere tó lágbara, nígbà tí line omi *tó wuwo* (HDO) ní àyíká 241 GHz wà nínú window tó mọ̀ sí i. Èlẹ́kẹ́jì ni sensitivity: channel omi náà ní ariwo púpọ̀ sí i — ǹnkan bí 500 mJy fún beam ní ìfiwéra pẹ̀lú 21 fún HDO — nítorí náà kódà àmì tó pọ̀ lè wà lábẹ̀ rẹ̀. Láàárín ìkùukùu àti ariwo, omi lasán tó pọ̀ wà lábẹ̀ ààlà ìṣàwárí, nígbà tí omi *tó wuwo* tó sọ̀wọ̀n púpọ̀, tí a mú nínú window tó mọ̀, tó sì dáké, fara hàn kedere. (Láti òfuuurufú, lókè atmosphere, omi kan náà rọ̀rùn púpọ̀ láti rí: JWST ṣàwárí omi comet náà lẹ́yìn náà nínú infrared, lẹ́yìn perihelion — nítorí náà àìrí omi ALMA jẹ nípa line kan náà tó gba afẹ́fẹ́ Ayé kọ́já, kì í ẹe pé omi kò sí.) Nítorí náà, wọn ní láti fojú díwọ̀n iye omi lasán *lọ̀nà àitààrà* — ní pàtàkì láti inú bí àwọn line methanol ẹe gba agbára, èyí tó sinmi lórí bí molecule methanol ẹe máa ń kọ̀lu omi lópọ̀ tó. Ọ̀ṣùwọ̀n gidi ni, sùgbón ó sinmi lórí model,

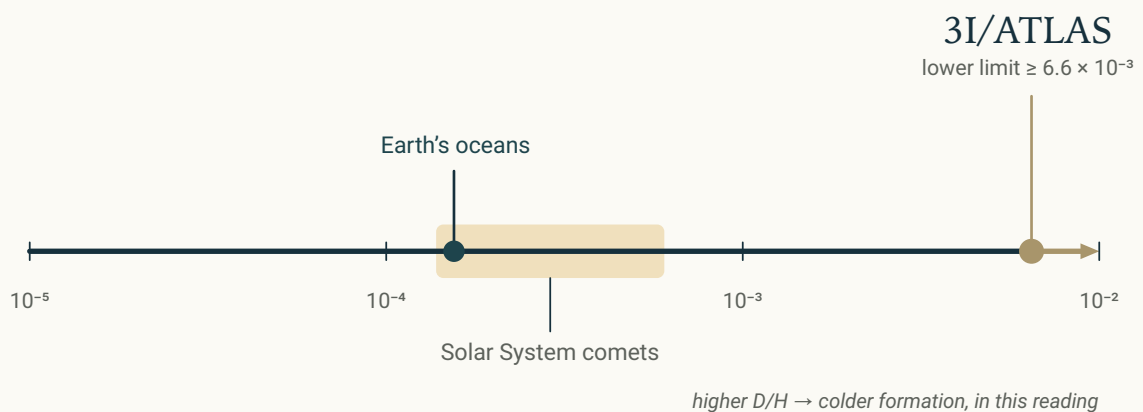
àwọn ònkòwé sì sọ èyí ní kedere.

Ohun tí wọn rí

- **Omi tó wuwo, sùgbón kò sí omi lasán.** HDO àti ọpọ line methanol ni a sàwá rí kedere; H_2O kò fara hàn. Nítorí pé ìbátan D/H dún rí lórí *ààlà òkè* fún iye omi lasán tí a pèsè — wọn mọ́mọ̀ lò ó bẹ̀, nítorí line omi náà wà lábẹ̀ ariwo — ìbátan deuterium jáde gégé bí *ààlà isàlẹ̀*, kì í ẹ iye kan soṣo.
- **Ìpòsì deuterium tó lágbára.** Nínú scenario tí wọn sọra jù, ìbátan D/H omi **tóbi ju 6.6×10^{-3}** — ó ju nńkan bí **ìlọ́pọ 40** iye òkun Ayé, ó sì ju nńkan bí **ìlọ́pọ 30** ti comet Solar System àpẹẹrẹ. Lábẹ̀ ifojúdíwọn méjèjè, 3I/ATLAS wà ní ọ̀pín gígá jù lọ nínú gbogbo ọ̀sùwọn D/H omi tí a ti ẹ.
- **Ó ẹ́ẹ ẹ kó má jẹ ohun tó ẹlẹ́ lálẹ́ kan soṣo.** Ọ̀sùwọn náà wá láti epoch kan, sùgbón àyèwò àkókọ́ dátà ALMA tó sún mọ ọ́n kò fi iyípadà nílá láti ọjọ́ dé ọjọ́ hàn, itúpalẹ́ JWST òmìnira kan ti 3I/ATLAS, tí a ẹ ní oṣù kan lé lẹyìn náà, sì tọ́ sí ọ̀nà kan náà — omi tó kún fún deuterium.

Where 3I/ATLAS's water sits on the deuterium scale

Water D/H ratio — logarithmic scale



Ibì tí omi 3I/ATLAS wà lórí ọ̀sùwọn deuterium: jìn sí ọ̀pín tó kún fún deuterium, kọ́já òkun Ayé àti gbogbo comet Solar System (tí a fi *ààlà àfojúsùn* hàn nínhìn-ín). Ọ́fà náà fi *ààlà isàlẹ̀* hàn — iye gidi lè ga sí i. Ìbátan D/H gígá jẹ àmì sí *ipò idásílẹ̀ tó tutù*, kì í ẹ àdírẹ̀sì ilẹ̀.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Ohun tí èyí ẹ́ẹ́ ẹ́ kí ó túmò sí

Ìbátan D/H omi tó ga jẹ àmì omi tó dì níbi tó tutù gan-an (ní ìsàlẹ̀ nńkan bí 30 K), tí ooru kò sì tún un ẹ́ púpọ̀ lẹ́yìn náà. Nítorí náà, ìtumò tó mó jù ní pé omi 3I/ATLAS dá sílẹ̀ lábẹ̀ ipò tó *tutù sí i, tó sì rọ̀rùn sí i* ju omi inú comet Solar System wa — nítorí náà planetary system tó bí i kó yín yín rẹ̀ jọ ní ọ̀nà tó yàtò sí tiwa.

Àwọn òńkọ̀wé ọ̀rọ̀ náà ní ìgbésẹ̀ tó kàn, ó yẹ ká ẹ́ bẹ̀ẹ̀ pẹ̀lú. Ọ̀nà méjì ló lè mú kí omi kún fún deuterium tó bẹ̀ẹ̀, ọ̀sùwọ̀n yìí kò sì lè yà wọ̀n sọtò: omi náà lè ti *jogún* ipòsi rẹ̀ láti cold cloud tí system ti bí, tàbí ó lè dá sílẹ̀ lẹ́yìn náà nígbà tí comet ń ẹ̀dà nínú outer disk tó tutù. Ní ọ̀nà méjèjì, iparí tó ẹ́ pàtàkì ẹ̀ dún — àwọn ipò tó dá 3I/ATLAS sílẹ̀ kí i ẹ́ àwọn ipò tó dá àwọn comet wa sílẹ̀ — ẹ̀yà ọ̀nà *ìdì* rẹ̀ ẹ̀ sì sí sílẹ̀.

Nítorí náà, èyí ní ìgbà àkókò tí ẹ̀nikẹ̀ni ka àmì ìdásílẹ̀ omi nínú ohun èlò láti planetary system mǐràn, tí ó sì rí i pé kò bá tiwa mu.

Ohun tí èyí kò fi hàn

- Kò sọ **ohunkóhun** nípa iye, technology, tàbí ètè. Kò sí “ohun” tí a kọ; “interstellar” ẹ̀pẹ̀júwe ipa ọ̀nà, kí i ẹ́ ẹ̀tàn ipilẹ̀. Ọ̀sùwọ̀n kẹ́mísírì omi ní èyí.
- Kí i ẹ́ **iye D/H tó péye**. Ó jẹ *ààlà ìsàlẹ̀*, omi tí ó ń tọ́ka sí náà ní a kò ẹ̀wáwá tààrà — a fojú díwọ̀n iye rẹ̀ láti inú bí molecule mǐ, methanol, ẹ́ gba agbára, lábẹ̀ àfojúsùn pé omi ní ohun pàtàkì tí methanol ń kọ̀lu.
- Kò **fi ibi tí a bí 3I/ATLAS hàn**. A kò lè dá iràwọ̀ tó bí i mó pẹ̀lú ìgbẹ̀kẹ̀lẹ̀, ìbátan D/H gígá sì jẹ̀ àmì sí *ipò*, kí i ẹ́ àdírẹ̀sì ilé.
- Kò **yanjú ìdì tí omi fi kún fún deuterium**. “Ó jogún rẹ̀ láti cold birth-cloud” àti “ó dá sílẹ̀ nígbà ìdásílẹ̀ disk” bá dátà mu; ìwé náà kò yan ọ̀kan.
- Ohun **kan** ní, tí a wọ̀n ní epoch **kan**. Àtílẹ́yìn mǐ ń fúnni ní ìrètí, kí i ẹ́ baseline gígùn.

Báwo ni ẹ̀rí náà ẹ́ lágbara tó?

Ohun méjì ní a yẹ ká wọ̀n lóto: ìtọ̀sọ̀nà èsì, àti nọ́nbà pàtọ̀.

- **Ìtọ̀sọ̀nà náà fẹ́sẹ̀ mǐlẹ̀**. Pé omi 3I/ATLAS kún fún deuterium gidigidi jẹ̀ ààlà ìsàlẹ̀ tó ọ̀rọ̀, tó ga ju gbogbo comet Solar System lọ, tí itúpalẹ̀ JWST òmìnira sì ẹ́ àtílẹ́yìn fún. Apá yìí kò rọ̀rùn láti bàjẹ̀.
- **Nọ́nbà náà dún lórí ẹ̀wọ̀n modelling**. Nítorí a kò ẹ̀wáwá H₂O, iye omi — àti nítorí náà ìbátan D/H — sinmi lórí fífojúdíwọ̀n omi lónà àtààrà láti inú excitation methanol. Èyí gbà pé omi ní collision partner pàtàkì nínú coma (ó ẹ́ẹ̀ gbà nítòsí perihelion, ẹ̀yà ọ̀nà a kò lè yọ ipa CO₂ kúrò), ó sì lo collision rate àfojúsùn tí a jẹ́wọ̀ pé a kò mó dáadáa. Àwọn òńkọ̀wé tọ́ka sí gbogbo èyí, wọ̀n sì mọ̀mọ̀ sọ èsì náà gẹ́gẹ̀ bí ààlà dípò ọ̀sùwọ̀n.

- **Ìtumò náà ní ìdí tó dára sùgbón kì í ẹ ọ̀nà kan soṣo.** Ìdásílẹ̀ nínú òtútù ní ìtumò tó bójú mu fún D/H gíga; bóyá òtútù náà jẹ ogún tàbí ó ẹlẹ̀ lẹyìn náà kò tū yanjú, a kò sì lè dá parent system mọ.

Ní kúkúrí: ẹrí pé omi náà dá sílẹ̀ nínú òtútù fẹsẹ̀ múlẹ̀; bí ó ẹ tutù *gan-an* tó, àti *ìdí* rẹ *gan-an*, ni a fi sílẹ̀ ní òtútù.

Ìdí tí ó fi ẹ pàtàkì

Fún ọ̀pọ̀ ọ̀dún, ìbéèrè ibi tí omi Ayé ti wá — àti ohun tó n pinnu àmì deuterium omi kojá àwọn planetary system tó n dá sílẹ̀ — ni a ti dáhùn pẹ̀lú ọ̀sùwọ̀n láti inú Solar System tiwa nìkan. Èyí ni ìgbà àkókó tí a fa chart náà dé ohun èlò tó dá sílẹ̀ ní àyíká ìràwọ̀ mún láísí àní-àní.

Èsì náà kì í ẹ “gbogbo ibi dà bí ilé.” Òdìkẹ̀jì ni: system múnran lè dá yinyin rẹ sílẹ̀ lábẹ̀ ipò tó tutù tó láti fi àmì tí comet wa kò ní sílẹ̀. Èyí jẹ ẹrí kékeré tó ẹ kedere fún ohun tó tóbì ní ìdákẹ́jẹ — pé kẹmísírì àti ìtàn àwọn solid tó n kọ pílánẹ̀tì lè yàtò láti ìràwọ̀ kan sí òmíràn. Kò sì wá láti spacecraft tí a rán kojá light-year, bí kò ẹ láti mímú èérún tó ẹ́ako láti system mún bí ó ti n kojá, àti kíkà omi rẹ kí ó tó lọ.

Àkótán mímọ̀

3I/ATLAS ni ohun interstellar kẹta tí a mọ̀ àti comet interstellar tó n ẹ́sẹ̀ kejì — èérún planetary system múnran tó n kojá nínú tiwa lẹ̀ẹ̀kan. Ní lílo ALMA nítòsí ìgbà tí comet sún mọ̀ Oòrùn jù, àwọn onímọ̀ ojú ọ̀run ẹ̀wárí omi tó wuwo (HDO) àti methanol nínú coma rẹ̀ sùgbón wọn kò ẹ̀wárí omi lasán, láti inú èyí ni wọn ti fojú díwọ̀n ìbátan deuterium sí hydrogen nínú omi. Wọn rí i pé ó kún fún deuterium gidigidi — ààlà isàlẹ̀ tó jù 6.6×10^{-3} , nńkan bí ilọ̀po 40 òkun Ayé àti ilọ̀po 30 comet Solar System ẹ̀pẹ̀ẹ̀ — èyí tó tọ́ka sí omi tó dá sílẹ̀ lábẹ̀ ipò tó tutù sí i, tí oorú kò tún ẹ̀ púpọ̀, jù comet Solar System. Iye náà jẹ ààlà isàlẹ̀ tí a rí lónà àitààrà nípàsẹ̀ model, kì í ẹ ọ̀sùwọ̀n tààrà, kò sì lè sọ bóyá ipòsi náà jẹ ogún láti cold birth-cloud tàbí ó dá sílẹ̀ lẹyìn náà nínú disk tó tutù, tàbí ibi tí comet ti wá. Síbẹ̀, èyí ni ìkàwé àkókó tí àmì kẹmísírì pàtọ̀ yí fún omi láti ìràwọ̀ mún — àmì náà kò sì bá tiwa mu.

Àyẹ̀wò láísí ọ̀rọ̀ asán

Ohun tí iwé náà fi hàn: Láti inú àkíyèsí ALMA ti comet interstellar 3I/ATLAS nítòsí perihelion, ààlà isàlẹ̀ ìbátan D/H omi rẹ̀ tó jẹ $>6.6 \times 10^{-3}$ (scenario tó ẹ́ọ̀ra) — nńkan bí $40 \times$ òkun Ayé àti $30 \times$ comet Solar System ẹ̀pẹ̀ẹ̀ — tó tùmọ̀ sí omi tó dá sílẹ̀ lábẹ̀ ipò tó tutù sí i, tí oorú kò sì tún ẹ̀ tó ti comet Solar System. Itúpàlẹ̀ JWST òmìnira fara mọ̀ itọ́sọ̀nà náà.

Ohun tó ʃeé gbà ʃùgbón tí a kò fidí rẹ múlẹ: Pé a jogún ipòsi náà tààrà láti cold prestellar cloud, tàbí pé ó dá sílẹ nígbà idásílẹ comet nínú cold protoplanetary disk. Scenario méjèèjì bá a mu; dátà kò yà wọn sọtò.

Ohun tí kò fi hàn: Ohunkóhun nípa iyè, technology, tàbí ipilẹ àtọwọdà; iye D/H tó péye (ààlà isàlẹ ni); idánimọ tàbí ibi parent star; ọ̀nà pàtò tó fa D/H gígá; tàbí pé èsì epoch kan yí kò lè yí padà pẹ̀lú coma.

Àwọn ààlà pàtàkì: A kò ʃàwárí H_2O tààrà, nítorí náà iye omi — àti ibátan D/H — ni a fojú díwọn lónà àitààrà láti excitation methanol, pẹ̀lú àfojúsùn pé omi ni collider pàtàkì àti lílo collision rate àfojúsùn tí àwọn ò̀nkòwé pè ní èyí tí a kò mọ́ dáadàa; èsì náà jẹ́ ààlà epoch kan tó sinmi lórí model; a kò lè dá parent system mọ́.

Ìgbẹ̀kẹ̀lé mélòò ni olùkà gbogboogbo yẹ kí ó ní? Ìgbẹ̀kẹ̀lé gígá pé omi 3I/ATLAS kún fún deuterium ní tòótọ́, ó sì dá sílẹ́ ní òtútù ju comet wa, àti pé èyí kò sọ ohunkóhun rára nípa alien. Ìgbẹ̀kẹ̀lé áarín lórí iye ipòsi pàtò, èyí tó jẹ́ ààlà isàlẹ́ tó sinmi lórí model. Ìgbẹ̀kẹ̀lé kékeré lórí idí àti ibi ibí pàtò, tí ó sì ʃí sílẹ́. Ìdúró tó yẹ: iyanu dákẹ́jẹ́ sí ifiranṣẹ́ kẹ́mísírì láti system iràwọ́ mǐ — kì í ʃe àdìtú, kì í sì ʃe ọ̀kọ́ ọ̀fuurufú.

Àwọn orísun

Nature Astronomy (2026)

<https://doi.org/10.1038/s41550-026-02850-5>

arXiv 2603.07026

<https://arxiv.org/abs/2603.07026>

Independent JWST corroboration (Cordiner et al., arXiv 2603.06911)

<https://arxiv.org/abs/2603.06911>

ALMA data archive (project 2025.A.00002.T)

<https://almascience.nrao.edu/aq/>