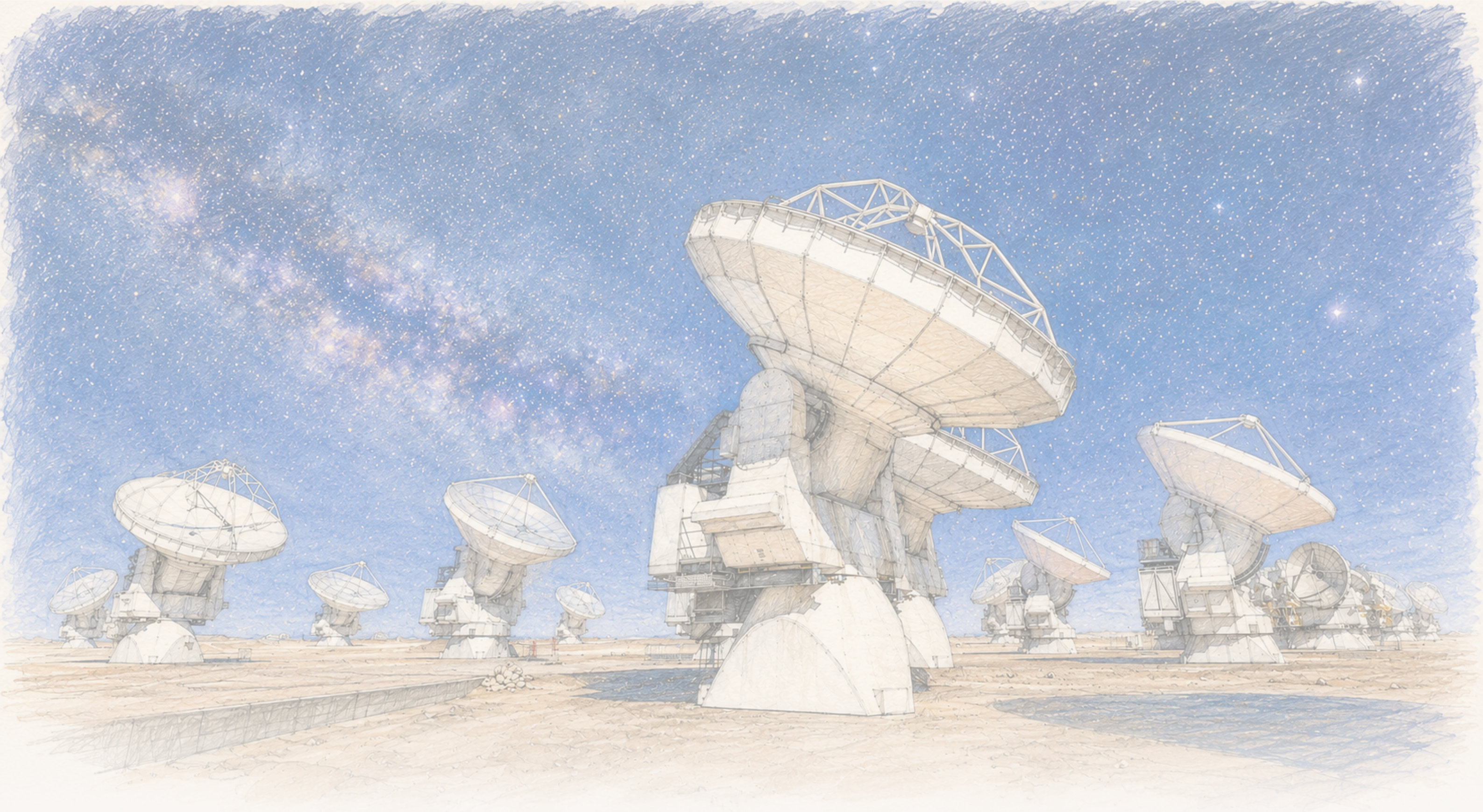


The
CLEAN PAPER

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

ከሌላ ኮከብ የመጣው 3I/ATLAS ኮሜት ከእኛ ኮሜቶች ይልቅ በቀዝቃዛ ሁኔታ የተፈጠረ ውሃ ይዟል — የሌላ ፕላኔታዊ ሥርዓት የመጀመሪያ የኬሚስትሪ ንባብ

ALMAን በመጠቀም፣ የሥነ ፈለክ ባለሙያዎች በ3I/ATLAS — ሦስተኛው የታወቀ ከኮከቦች መካከል የመጣ ነገር — ውሃ ውስጥ የ‘ከባድ’ ሃይድሮጅን ለተለመደ ሃይድሮጅን ሬሾን ገድበው በዲዩቴሪየም በጣም እንደበለፀገ አገኙ፡- ቢያንስ ከምድር ውቅያኖሶች 40 እጥፍ ያህል፣ ከተለመደ የፀሐይ ሥርዓት ኮሜትም 30 እጥፍ ያህል። ይህ ከኮሜቶቻችን ይልቅ በቀዝቃዛ ሁኔታ የተፈጠረ ውሃን ይጠቁማል። ውጤቱ በተዘዋዋሪ የተገኘ ዝቅተኛ ገደብ ነው (ውሃው ራሱ በቀጥታ አልተገኘም)፣ እና ስለ ሕይወት ወይም ቴክኖሎጂ ምንም አይናገርም — ስለ ኬሚስትሪና ብርድ ብቻ ነው።

Written by Lucio Vaglio · Cross-checked by Laura Nesso · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · 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

የDV-59 አንቴና ከፊት ሲታይ፣ ብዙ የALMA አንቴናዎች በጨረቃ ብርሃን የበራውን የሌሊት ሰማይ ይመለከታሉ። ምስል፡- Alex Pérez / ALMA Observatory።

Alex Pérez / ALMA Observatory CC BY 4.0

ከሌላ ኮከብ የመጣ ኮሜት፣ እና በውሃው ውስጥ ያለው አሻራ

አልፎ አልፎ የእኛ ያልነበረ ነገር በፀሐይ ሥርዓታችን ውስጥ ያልፋል። ከአስትሮይድ ቀበቶ የጠፋ ዓለት አይደለም፣ ከOort ደመና ረጅም ዙሩን ተከትሎ የሚመለስ ኮሜትም አይደለም፤ ከኮከቦች መካከል ሕዋ የገባ፣ ፀሐይን አንድ ጊዜ የሚዞርና ለዘላለም የሚሄድ በክፍት ሃይፐርቦሊክ መንገድ ላይ ያለ ነገር ነው። አሁን ሦስት አይተናል። የመጀመሪያው፣ ‘Oumuamua በ2017፣ ሰዎች ምን እንደነበር ከመስማማታቸው በፊት ሊጠፋ ተቃርቦ ነበር። ሁለተኛው፣ 2I/Borisov በ2019፣ በግልጽ ኮሜት ነበር። ሦስተኛው፣ በጁላይ 2025 የተገኘው፣ 3I/ATLAS ነው — እና እውነተኛ የኬሚስትሪ ምርመራ ለማድረግ በቂ ንቁ ኮማ አለው።

ጫጫታው ከመጀመሩ በፊት ሊያዝ የሚገባው ክፍል ይህ ነው። ከኮከቦች መካከል የመጣ ኮሜት፣ በቃል ትርጉም፣ የሌላ ፕላኔታዊ ሥርዓት ቁራጭ ነው፤ በሌላ ኮከብ ዙሪያ የተከማቸ በረዶና አቧራ፣ ምናልባት ከረጅም ጊዜ በፊት በስበት ኃይል ወደ ውጭ የተወረወረ፣ በጋላክሲው ውስጥ የተንሳፈፈ፣ እና በረዶው መትነን እንዲጀምር ከፀሐያችን ጋር በቂ ቅርብ ያለፈ ነገር፤ በዚያው ጊዜ ቴሌስኮፖቻችን ሊመለከቱት ችለዋል። ይህ እውነተኛው አስገራሚ እውነታ ነው፣ እና ሌላ ጌጥ ሳያስፈልገው በቂ ያስደንቃል።

ግን ጌጥ ይጨመርበታል። ከኮከቦች መካከል የሚመጡ ነገሮች፣ መብራት በሚደበዝዝበትና አንድ ሰው ሠርቶት ቢሆንስ በሚል ጥያቄ የሚጫወት የተጋነነ ሽፋን ይስባሉ፤ 3I/ATLASም የራሱን ድርሻ አገኘ። ታማኝ መልሱ አሰልቺ የሚመስለው ነው፣ እና እሱ ይበልጥ የሚስብ ነው፡- ኮሜት ነው። እውነተኛው ጥያቄ ማንም ሠርቶት እንደሆነ አልነበረም። የተረጋጋው

ጥያቄ ነበር፦ በሌላ ኮከብ ዙሪያ የተሰራ ነገርን ኬሚስትሪ ማንበብ ቢቻል፣ ስለዚያ ኮከብ ቤተሰብ ምን ይነግረናል? እንዴትስ ይነበባል?

በዚህ ጊዜ የማንበቢያ መሣሪያው ውሃ ነው። ውሃ ሁለት ሃይድሮጅን እና አንድ ኦክስጅን አለው፣ ነገር ግን ትንሽ የሃይድሮጅን ክፍል *ዲዩቴሪየም* ነው — አንድ ተጨማሪ ኒውትሮን ያለው ተራ ሃይድሮጅን አቶም፣ ከባዱ መንታ። በውሃ ውስጥ ያለው የከባድ ሃይድሮጅን ለተለመደ ሃይድሮጅን ሬሾ፣ D/H ተብሎ የሚጻፈው፣ የዘፈቀደ አይደለም። ውሃው መጀመሪያ በተፈጠረበት ቦታ ምን ያህል ቀዝቃዛ እንደነበር በኬሚስትሪ በአብዛኛው ይወሰናል፤ መነሻው በቀዘቀዘና በተረጋጋ መጠን ይበልጥ ብዙ ዲዩቴሪየም ይያዛል። ኮሜትም በመሠረቱ ጥልቅ ማቀዝቀዣ ስለሆነ — በረዶውን ለቢሊዮኖች ዓመታት በብርድ ሊያቆይ የሚችል — የውሃው D/H ሬሾ ውሃው የተፈጠረበትን ሁኔታ አሻራ ሊጠብቅ ይችላል።

የራሳችንን ሥርዓት አሻራዎች በመጠኑ በደንብ እናውቃለን፤ የምድር ውቅያኖሶችና የተለያዩ የፀሐይ ሥርዓት ኮሜቶች በመጠኑ ጠባብ ክልል ውስጥ ይሰበሰባሉ። ማንም በትክክል ያልወሰነው ነገር፣ በሌላ ኮከብ ዙሪያ ለተፈጠረ ውሃ ያው አሻራ ነበር። ጽሑፉ በ3I/ATLAS ውስጥ ሊያነብ የፈለገው ይህን ነው።

ደራሲዎቹ ምን አደረጉ?

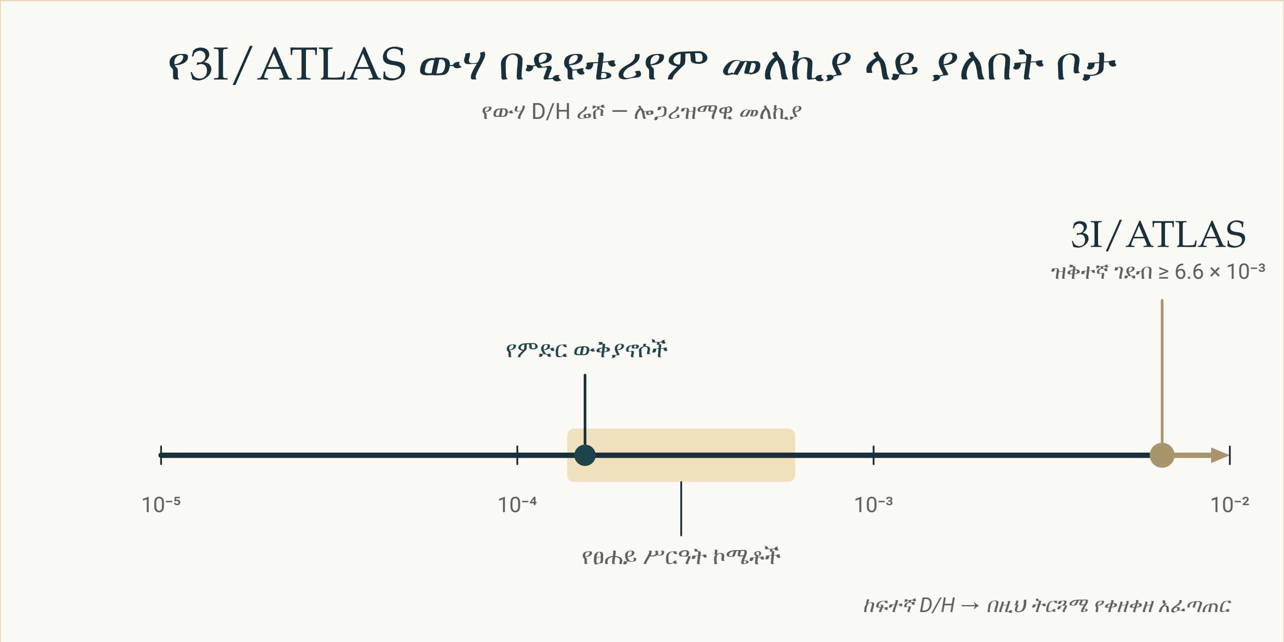
ALMAን — በቺሊ በረሃ ያለውን ትልቅ የሬዲዮ ዲሽ ስብስብ — ኮሜቱ ፀሐይን ከዞረ ከስድስት ቀናት በኋላ፣ በ4 ኖቬምበር 2025፣ ወደ 3I/ATLAS አነጣጠሩ። በኮማው ውስጥ ካሉ ሦስት ሞለኪውሎች የሚመጣውን ደካማ የሚሊሜትር ሞገድ ብርሃን ለመያዝ አስተካከሉት፦ ተለመደ ውሃ (H_2O)፣ ከባድ ውሃ (HDO፣ አንዱ ሃይድሮጅን ዲዩቴሪየም የሆነበት)፣ እና ሜታኖል (CH_3OH)።

የፈለጉት D/H ሬሾ በተግባር የከባድ ውሃ ለተለመደ ውሃ ሬሾ ነው። ስለዚህ ሁለቱንም ያስፈልጋቸው ነበር። ከዚያ ስፔክትራውን ወደ እየሰፋ ያለ የኮሜት አየር የጨረር ሽግግር ሞዴል (SUBLIME የሚባል ኮድ) አስገቡ፣ ከፀሐይ ሥርዓት ውጭ ያለ ፕላኔት ከባቢ አየርን ንጥረ ነገሮች ለማውጣት ከሚጠቀሙት ዓይነት የስታቲስቲክስ ዘዴ ጋር አስማሙት፤ ይህም ሙቀትን፣ ወደ ውጭ የሚፈሰውን ፍሰትና ኮሜቱ ከእያንዳንዱ ሞለኪውል ምን ያህል እንደሚያመነጭ ለማወቅ ነበር።

የሚቀጥለውን ሁሉ የሚቀርጽ አንድ ችግር አለ፦ **ውሃውን በእውነት አላገኙትም።** HDO እና ሜታኖል ታዩ፤ H_2O ራሱ ከድምፁ በታች ቀረ። ይህ ተለመደ ውሃ ስለሌለ አይደለም — ከከባዱ ይልቅ እጅግ ብዙ ነው። መስመር መታየቱ በሞለኪውሉ ብዛት ብቻ አይወሰንም፣ ያ የተወሰነ መስመር ምን ያህል በቀላሉ እንደሚታይም ይወስነዋል፤ እዚህ ሁለት ነገሮች የውሃ መስመሩን ተቃውመዋል። መጀመሪያው ከባቢ አየር ነው፤ ሊያነጣጥሩት የቻሉት የH_2O መስመር (183 GHz አቅራቢያ) የምድር ውሃ የያዘ አየር በጣም በሚዋጥበት ቦታ ላይ ነው፣ ስለዚህ ከመሬት ሆኖ የኮሜት ውሃን በዚያ ማንበብ በጭጋግ ውስጥ ሻማ ለማየት እንደመሞከር ነው። ጽሑፉ እነዚህ ዝቅተኛ ኃይል ያላቸው የውሃ መስመሮች በከባቢ አየር በጣም እንደሚዋጡ፣ የከባድ ውሃ (HDO) መስመር ግን በ241 GHz አቅራቢያ በጠራ መስኮት ውስጥ እንደሚገኝ ይገልጻል። ሁለተኛው ስሜታዊነት ነው፤ የውሃው ቻናል እጅግ ይበልጥ ጫጫታ ነበረው — ለእያንዳንዱ የቴሌስኮፕ ጨረር 500 mJy ያህል፣ ለHDO ከነበረው 21 ጋር ሲነጻጸር — ስለዚህ ብዙ ምልክት እንኳ ሊደበቅበት ይችላል። በጭጋግና በጫጫታ መካከል፣ ብዙው ተለመደ ውሃ ከመፈለጊያ ገደቡ በታች ቀረ፣ እጅግ አነስተኛው ከባድ ውሃ ግን በጠራና ጸጥ ባለ መስኮት በግልጽ ታየ። (ከምድር ከባቢ አየር በላይ በሕዋ ውስጥ ያው ውሃ በቀላሉ ይታያል፤ JWST ለፀሐይ በጣም ቅርብ ነጥቡን ካለፈ በኋላ የኮሜቱን ውሃ በኢንፍራሬድ አገኘ — ስለዚህ የALMA አለመገኘት በምድር አየር ውስጥ ያለፈውን አንድ መስመር ይመለከታል፣ ውሃ አለመኖሩን አይደለም።) ስለዚህ የተለመደ ውሃ መጠን በተዘዋዋሪ መገመት ነበረበት — በዋናነት የሜታኖል መስመሮች እንዴት እንደተነቃቁ፣ ይህም የሜታኖል ሞለኪውሎች ከውሃ ጋር ስንት ጊዜ እንደሚጋጩ ላይ ይመሠረታል። ይህ እውነተኛ መለኪያ ነው፣ ግን በሞዴል ላይ ይመሠረታል፣ ደራሲዎቹም በግልጽ ይናገራሉ።

ምን አገኙ?

- **ከባድ ውሃ፣ ግን ተራ ውሃ አልታየም።** HDO እና ብዙ የሜታኖል መስመሮች በግልጽ ታዩ፤ H_2O አልታየም። D/H ሬሾው ለተለመደው ውሃ ምርት መጠን ከፍተኛ ገደብ ላይ ስለሚመሠረት — የውሃ መስመሩ ከጫጫታ በታች ስለቀረ ሆን ተብሎ እንደዚያ ተወስዷል — የዲዩቴሪየም ሬሾው ዝቅተኛ ገደብ ሆኖ ይወጣል፣ አንድ ትክክለኛ ዋጋ አይደለም።
- **ከፍተኛ የዲዩቴሪየም ብዛት።** በተጠንቀቀው ሁኔታቸው የውሃ D/H ሬሾ ከ6.6×10^{-3} በላይ ነው — ከምድር ውቅያኖሶች ዋጋ 40 እጥፍ ያህል በላይ፣ ከተለመደ የፀሐይ ሥርዓት ኮሜትም 30 እጥፍ ያህል በላይ። በሁለቱም ግምቶቻቸው፣ 3I/ATLAS እስካሁን ከተለካ የውሃ D/H ሁሉ እጅግ ከፍተኛው ጫፍ ላይ ነው።
- **የዚያ አንድ ሌሊት አጋጣሚ ብቻ አይመስልም።** መለኪያው ከአንድ ጊዜ ነው፣ ግን በአቅራቢያ ያለውን የALMA መረጃ የመጀመሪያ እይታ ከቀን ወደ ቀን ትልቅ ለውጥ አያሳይም፣ እና ከአንድ ወር በላይ በኋላ በ3I/ATLAS ላይ የተደረገ ገለልተኛ የJWST ትንተናም በዚያው አቅጣጫ ይጠቁማል — ዲዩቴሪየም የበዛበት ውሃ።



የ3I/ATLAS ውሃ በዲዩቴሪየም መለኪያ ላይ ያለበት ቦታ፡- ዲዩቴሪየም በበዛበት ጫፍ፣ ከምድር ውቅያኖሶችና ከመላው የፀሐይ ሥርዓት ኮሜት ሕዝብ በላይ (እዚህ በግምታዊ ክልል ታይቷል)። ቀስቱ ዝቅተኛ ገደብ ያመለክታል — እውነተኛው ዋጋ ይበልጥ ከፍ ሊል ይችላል። ከፍተኛ D/H ሬሾ የቀዝቃዛ የአፈጣጠር ሁኔታ ፍንጭ ነው፣ የቤት አድራሻ አይደለም።

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

ይህ ምን ማለት ይሆናል?

ከፍተኛ የውሃ D/H ሬሾ፣ በጣም በቀዘቀዘ ቦታ (ከ30 K ያህል በታች) የበረደና በኋላ በሙቀት ብዙ ያልተለወጠ ውሃ ፊርማ ነው። ስለዚህ ግልጹ ትርጓሜ፣ የ3I/ATLAS ውሃ ከፀሐይ ሥርዓታችን ኮሜቶች ውሃ ይልቅ በቀዝቃዛና በተረጋጋ ሁኔታ ተፈጥሯል — ስለዚህም የወላጅ ፕላኔታዊ ሥርዓቱ በረዶዎቹን ከእኛ በተለየ መንገድ ገንብቷል።

ደራሲዎቹ ስለሚቀጥለው ደረጃ ይጠነቀቃሉ፣ እኛም እንዲሁ ልንሆን ይገባል። ይህን ያህል ዲዩቴሪየም ያለበት ውሃ

ለማግኘት ሁለት መንገዶች አሉ፣ ይህ መለኪያም ሊለያቸው አይችልም፤ ውሃው ከሥርዓቱ ቀዝቃዛ የትውልድ ደመና ብዛቱን ወርሶ ሊሆን ይችላል፣ ወይም ኮሜቱ በቀዝቃዛ ውጫዊ ዲስክ ውስጥ ሲፈጠር በኋላ ሊወሰን ይችላል። በሁለቱም መንገድ ዋናው መደምደሚያ ይቀራል — 3I/ATLASን የቀረጹት ሁኔታዎች ኮሜቶቻችንን የቀረጹት አልነበሩም — ለምን የሚለው ግን ክፍት ነው።

ይህ እንግዲህ ማንም ከሌላ ፕላኔታዊ ሥርዓት የመጣ ቁስ የውሃ አፈጣጠር አሻራን ያነበበት፣ ከእኛም እንደማይመሳሰል ያገኘበት የመጀመሪያ ጊዜ ነው።

ይህ የማያረጋግጠው

- ስለ ሕይወት፣ ቴክኖሎጂ ወይም ዓላማ ምንም አይናገርም። የተሠራ “ነገር” የለም፤ “ከኮከቦች መካከል” የሚለው መንገድን ይገልጻል፣ የአፈጣጠር ታሪክን አይደለም። ይህ የውሃ ኬሚስትሪ መለኪያ ነው።
- ትክክለኛ D/H ዋጋ አይደለም። ዝቅተኛ ገደብ ነው፣ የሚመለከተው ውሃም በቀጥታ አልተገኘም — ብዛቱ የተገመተው ሜታኖል ከሚባል ሌላ ሞለኪውል መነቃቃት፣ ውሃ ዋናው የመጋጨት አጋር ነው በሚል ግምት ነው።
- 3I/ATLAS የት እንደተወለደ አያሳይም። የወላጅ ኮከቡ በእርግጠኝነት ሊለይ አይችልም፣ ከፍተኛ D/H ሬሾም የሁኔታ ፍንጭ ነው፣ የቤት አድራሻ አይደለም።
- ውሃው ዲዩቴሪየም ለምን እንደበዛበት አይፈታም። “ከቀዝቃዛ የትውልድ ደመና የተወረሰ” እና “ዲስክ ሲፈጠር የተወሰነ” ሁለቱም ከመረጃው ጋር ይስማማሉ፤ ጽሑፉ አንዱን አይመርጥም።
- በአንድ ጊዜ የተለካ አንድ ነገር ነው። የሚደግፈው መረጃ ያበረታታል፣ ግን ረጅም ጊዜ መለኪያ አይደለም።

ማስረጃው ምን ያህል ጠንካራ ነው?

ሁለት ነገሮች በተለየ ሊመዘኑ ይገባል፦ የውጤቱ አቅጣጫ እና ትክክለኛው ቁጥር።

- **አቅጣጫው ጠንካራ ነው።** የ3I/ATLAS ውሃ ዲዩቴሪየም በግልጽ እንደበዛበት የተጠንቀቀ ዝቅተኛ ገደብ ነው፣ ከመላው የፀሐይ ሥርዓት ኮሜት ሕዝብ በላይ ነው፣ እና በገለልተኛ JWST ትንተና ይደገፋል። ይህ ክፍል ደካማ አይደለም።
- **ቁጥሩ በሞዴል ሰንሰለት ላይ ይመሠረታል።** H_2O ስላልተገኘ፣ የውሃ ብዛት — እና ስለዚህ D/H ሬሾ — ከሜታኖል መነቃቃት ውሃን በተዘዋዋሪ በመገመት ላይ ይደገፋል። ይህ ውሃ በኮማ ውስጥ ዋናው የመጋጨት አጋር ነው ብሎ ይገምታል (በለፀሐይ በጣም ቅርብ ነጥብ አቅራቢያ ምክንያታዊ ነው፣ የCO_2 አስተዋፅዖ ግን ሊገለል አይችልም)፣ እና ደራሲዎቹ በደንብ እንዳልተወሰኑ የሚቀበሏቸውን ግምታዊ የግጭት መጠኖች ይጠቀማል። ይህን ሁሉ ግልጽ አድርገዋል፣ ውጤቱንም እንደ መለኪያ ሳይሆን እንደ ገደብ ሆን ብለው ያቀርባሉ።
- **ትርጓሜው ጥሩ መሠረት አለው ግን ብቸኛ አይደለም።** ቀዝቃዛ አፈጣጠር ለከፍተኛ D/H የተፈጥሮ ማብራሪያ ነው፤ ቅዝቃዜው የተወረሰ ወይም በኋላ የተፈጠረ መሆኑ አልተፈታም፣ የወላጅ ሥርዓቱም አይታወቅም።

በአጭሩ፦ ውሃው በብርድ እንደተፈጠረ ጠንካራ መሠረት አለው፤ ምን ያህል ቀዝቃዛ እንደነበርና ለምን እንደሆነ ግን በታማኝነት ክፍት ነው።

ለምን አስፈላጊ ነው?

ለአሥርተ ዓመታት፣ የምድር ውሃ ከየት እንደመጣ — እና በሚፈጠሩ ፕላኔታዊ ሥርዓቶች የውሃን ዲዩቴሪየም አሻራ ምን እንደሚወስን — የሚለው ጥያቄ ሙሉ በሙሉ በፀሐይ ሥርዓታችን ውስጥ በተደረጉ መለኪያዎች ተመልሷል። ይህ ሰንጠረዥ በሌላ ኮከብ ዙሪያ እንደተፈጠረ የተረጋገጠ ቁስ እንዲያካትት የተስፋፋበት የመጀመሪያ ጊዜ ነው።

የሚሰጠው መልስ “ሁሉም ቦታ እንደ ቤት ነው” አይደለም። ተቃራኒው ነው፤ ሌላ ሥርዓት ኮሜቶቻችን ፈጽሞ ያልያዙትን አሻራ ለማስቀመጥ በቂ ቀዝቃዛ በሆነ ሁኔታ በረዶዎቹን ሊያኖር ይችላል። ይህ ለአንድ ትልቅና የተረጋጋ ሐሳብ ትንሽ ግን ግልጽ ማስረጃ ነው፤ ፕላኔቶችን የሚገነቡ ጠጣር ነገሮች ኬሚስትሪና ታሪክ ከኮከብ ወደ ኮከብ ሊለያይ ይችላል። ይህም በብርሃን ዓመታት የተላከ መንኮራኩር አልመጣም፤ የሌላ ሥርዓትን የጠፋ ቁራጭ ሲያልፍ በመያዝና ከመጥፋቱ በፊት ውሃውን በማንበብ መጣ።

ግልጽ ማጠቃለያ

3I/ATLAS ሦስተኛው የታወቀ ከኮከቦች መካከል የመጣ ነገርና ሁለተኛው ንቁ የኮከቦች መካከል ኮሜት ነው — በእኛ ሥርዓት አንድ ጊዜ የሚያልፍ የሌላ ፕላኔታዊ ሥርዓት ቁራጭ። ኮሜቱ ወደ ፀሐይ በጣም በቀረበበት ጊዜ ALMAን በመጠቀም፣ የሥነ ፈለክ ባለሙያዎች በኮማው ውስጥ ከባድ ውሃ (HDO) እና ሜታኖል አገኙ፣ ተለመደ ውሃ ግን አላገኙም፤ ከዚህም የውሃውን ዲዩቴሪየም ለሃይድሮጅን ሬሾ ገመቱ። በዲዩቴሪየም በጣም የበለፀገ ነው — ከ6.6×10^{-3} በላይ ዝቅተኛ ገደብ፣ ከምድር ውቅያኖሶች 40 እጥፍ ያህል፣ ከተለመደ የፀሐይ ሥርዓት ኮሜትም 30 እጥፍ ያህል — ይህም ከፀሐይ ሥርዓት ኮሜቶች ይልቅ በቀዝቃዛና በሙቀት ባልተለወጠ ሁኔታ የተፈጠረ ውሃን ይጠቁማል። ቁጥሩ በሞዴል በተዘዋዋሪ የተገኘ ዝቅተኛ ገደብ ነው፣ ቀጥተኛ መለኪያ አይደለም፤ ብዛቱ ከቀዝቃዛ የትውልድ ደመና እንደተወረሰ ወይም በቀዝቃዛ ዲስክ ውስጥ በኋላ እንደተወሰነ፣ ወይም ኮሜቱ ከየት እንደመጣ መናገር አይችልም። እንዲሁም ከሌላ ኮከብ የመጣ ውሃ የዚህ ልዩ የኬሚስትሪ አሻራ የመጀመሪያ ንባብ ነው — አሻራውም ከእኛ አይመሳሰልም።

ከማጋነን ነፃ ምርመራ

ጽሑፉ የሚያሳየው: በለፀሐይ በጣም ቅርብ ነጥብ አቅራቢያ በALMA ከታየው የኮከቦች መካከል ኮሜት 3I/ATLAS፣ የውሃው D/H ሬሾ $>6.6 \times 10^{-3}$ ዝቅተኛ ገደብ (በተጠንቀቀ ሁኔታ) — ከምድር ውቅያኖሶች 40$\times$ ያህል፣ ከተለመደ የፀሐይ ሥርዓት ኮሜትም 30$\times$ ያህል — ይህም ከፀሐይ ሥርዓት ኮሜቶች ይልቅ በቀዝቃዛና በሙቀት ባልተለወጠ ሁኔታ የተፈጠረ ውሃን ያመለክታል። ገለልተኛ JWST ትንተናም አቅጣጫውን ይደግፋል።

ሊሆን የሚችለው ግን ያልተረጋገጠው: ብዛቱ ከቀዝቃዛ ቅድመ-ኮከባዊ ደመና በቀጥታ የተወረሰ መሆኑ፣ ወይም ኮሜቱ በቀዝቃዛ ፕሮቶፕላኔታዊ ዲስክ ውስጥ ሲፈጠር የተወሰነ መሆኑ። ሁለቱም ይስማማሉ፤ መረጃው አይለያቸውም።

የማያሳየው: ስለ ሕይወት፣ ቴክኖሎጂ ወይም ሰው ሠራሽ አመጣጥ ማንኛውንም ነገር፤ ትክክለኛ D/H ዋጋ (ዝቅተኛ ገደብ ነው)፤ የወላጅ ኮከብ ማንነት ወይም ቦታ፤ ለከፍተኛው D/H የተወሰነ ምክንያት፤ ወይም የአንድ ጊዜው ውጤት በኮማ ለውጥ እንደማይነካ።

ዋና ገደቦች: H_2O በቀጥታ አልተገኘም፣ ስለዚህ የውሃ ብዛት — እና D/H ሬሾ — ውሃ ዋናው የመጋጨት አጋር ነው በሚልና ደራሲዎቹ በደንብ እንዳልተወሰኑ በሚሉት ግምታዊ የግጭት መጠኖች ላይ ተመሥርቶ፣ ከሜታኖል መነቃቃት በተዘዋዋሪ ተገምቷል፤ ውጤቱ በሞዴል የሚወሰን የአንድ ጊዜ ገደብ ነው፤ የወላጅ ሥርዓቱ አይታወቅም።

አጠቃላይ አንባቢ ምን ያህል መተማመን ይኖርበታል? የ3I/ATLAS ውሃ በእውነት ዲዩቴሪየም እንደበዛበትና ከኮሜቶቻችን ይልቅ በቀዝቃዛ ሁኔታ እንደተፈጠረ፣ እንዲሁም ይህ ስለ ሕዋ ፍጥረታት ምንም እንደማይናገር ከፍተኛ መተማመን። በሞዴል ላይ የሚመሠረት ዝቅተኛ ገደብ ስለሆነው የብዛት ትክክለኛ መጠን መካከለኛ መተማመን። ክፍት ስለሆኑት የተወሰነ ምክንያትና የትውልድ ቦታ ዝቅተኛ መተማመን። ተገቢው አቋም፦ ከሌላ ኮከብ ሥርዓት ለመጣ የኬሚስትሪ መልዕክት የተረጋጋ አድናቆት — ምስጢር ወይም የሕዋ መርከብ አይደለም።

ምንጮች

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/