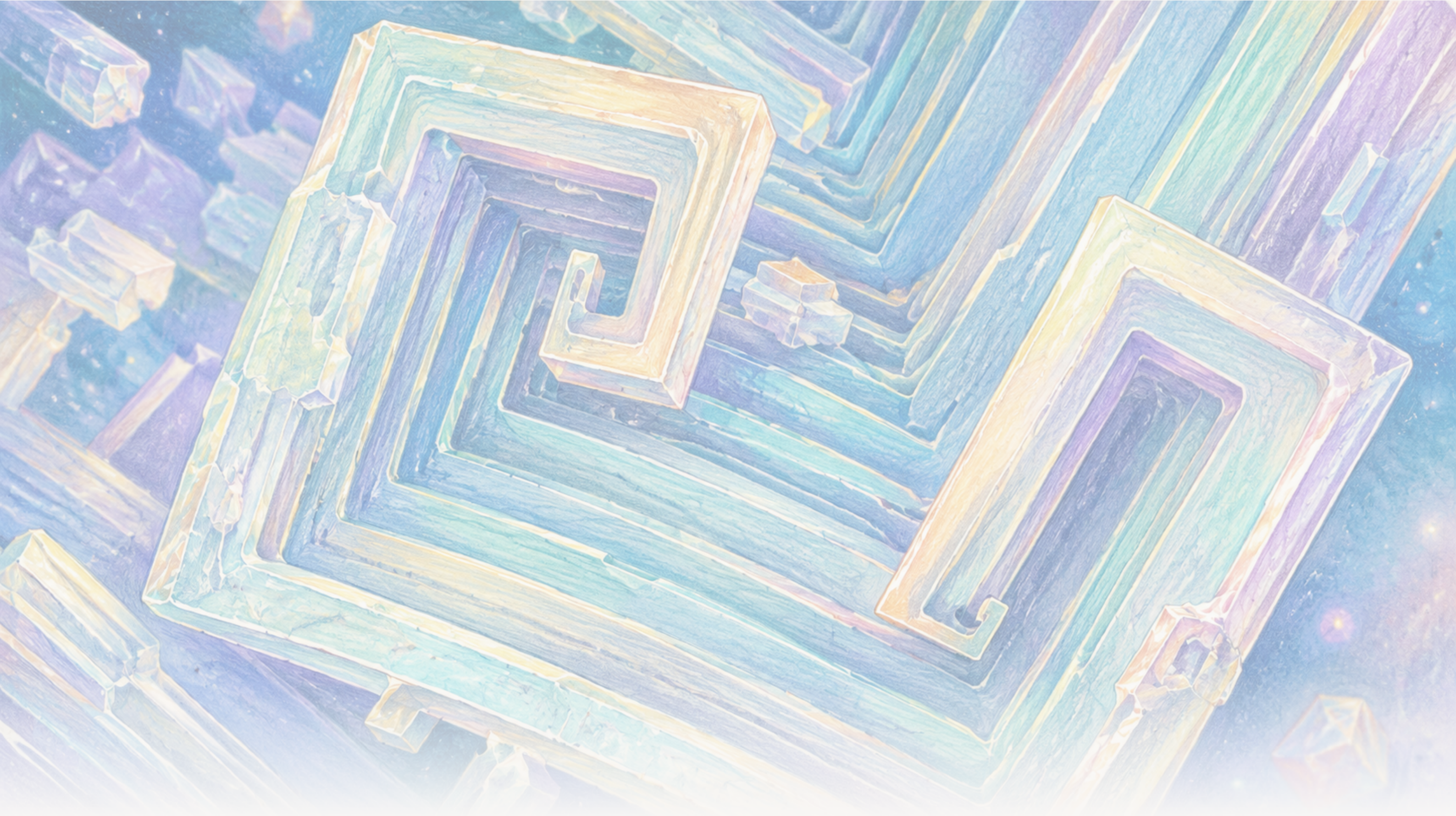


The
CLEAN PAPER

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

مدار میں کھانے کے نمک نے کھوکھلے مکعب بنائے۔ کششِ ثقل نے نمکین محلول بدلا، نمک نہیں

بین الاقوامی خلائی اسٹیشن پر اگائے گئے *sodium chloride crystals* میں 2 سے 8 ملی میٹر کے کھوکھلے، زینہ دار مکعب شامل تھے۔ مقالات *transport-based explanation* کی حمایت کرتے ہیں: معمول کی *settling* اور *buoyancy-driven* بہاؤ بہت کم ہوئے، جبکہ ابتدائی افزائش میں *dffiusion* غالب رہی۔ *lattice* نمک کی نئی قسم نہیں بنی، اور تجربات کوئی صنعتی طریقۂ پیداوار قائم نہیں کرتے۔

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

Paper: *Comparison of sodium chloride hopper cubes grown under microgravity and terrestrial conditions*, Donald Pettit and Pietro Fontana, npj Microgravity ,5 25 (2019) · DOI: 0-0085-019-s41526/1038.10

مدار میں عام کھانے کا نمک کھوکھلے، زینہ دار مکعبوں کی شکل میں بڑھا

یہ بلور کسی تعمیراتی ڈھانچے جیسے لگتے تھے: مربع چوکھٹے ایک دوسرے کے اندر، اور ان کی سطحیں سیڑھیوں جیسی کھوکھلی تہوں میں دھنسیں ہوئی تھیں۔

یہ عام سوڈیم کلورائیڈ ہی سے بنے تھے، یعنی وہی مرکب جو کھانے کے نمک میں ہوتا ہے۔ غیر معمولی چیز مادہ نہیں تھا، بلکہ اس کے اردگرد موجود نمکین محلول تھا۔

زمین پر سینٹی میٹر کے پیمانے کے مائع میں بڑھتا ہوا بلور نیچے بیٹھ سکتا ہے، کسی دیوار یا سطح سے ٹکرا سکتا ہے، اور کثافت میں ایسے فرق پیدا کرنے میں مدد دے سکتا ہے جو محلول کو گردش دیتے ہیں۔ بین الاقوامی خلائی اسٹیشن پر معمول کی تلچھٹ بننے اور buoyancy سے چلنے والی روانی بہت کم ہو گئی تھی۔ کچھ نمک کے بلور اتنی دیر تک معلق رہے کہ وہ آہستہ اور زیادہ متوازن انداز میں **کھوکھلا سیڑھی نما مکعب** کی شکل میں بڑھ سکے، جن کے کنارے 2 سے 8 ملی میٹر تک تھے۔

2011، 2015 اور 2019 میں شائع ہونے والے تین مقالات ان تجربات کو بیان کرتے ہیں۔ مجموعی طور پر یہ نقل و حمل طبیعیات کا ایک صاف سبق دیتے ہیں: اگر یہ بدل جائے کہ محلول میں گھلا ہوا مادہ بلور تک کیسے پہنچتا ہے، تو بلور کی دکھائی دینے والی شکل بدل سکتی ہے، جبکہ اس کی جوہری ساخت وہی رہتی ہے۔

یہ مطالعات یہ نہیں دکھاتے کہ خلا ہمیشہ کامل بلور بناتا ہے، نہ کوئی صنعتی طریقۂ پیداوار قائم کرتے ہیں، اور نہ نمک کی کوئی نئی قسم ظاہر کرتے ہیں۔

ایک مکعب کھوکھلا سیڑھی نما کیسے بنتا ہے

عام سوڈیم کلورائیڈ کے بلور کی جوہری ترتیب مکعبی ہوتی ہے۔ **کھوکھلا سیڑھی نما بلور** بھی مکعبی ہی رہتا ہے، لیکن اس کے کونوں اور کناروں کی افزائش سطحوں کے مرکزی حصوں سے آگے نکل جاتی ہے۔ نتیجہ یہ ہے کہ ہر رخ میں ایک کھوکھلا، زینہ دار گڑھا بن جاتا ہے، جیسے مکعب پہلے اپنا فریم بنا رہا ہو اور دیواریں بعد میں بھر رہا ہو۔

ISS کی ایک بعد کی مثال اس اندازِ افزائش کو واضح کرتی ہے، مگر یہ سوڈیم کلورائیڈ کے ان تین مقالات کا ثبوت نہیں، صرف سیاق و سباق ہے۔ نیچے Donald Pettit کی تصویر اور وقت-lapse میں **potassium chloride** دکھایا گیا ہے، جو ایک مختلف نمک ہے اور microgravity میں زینہ دار کھوکھلا سیڑھی نما اور scroll جیسی شکلیں بناتا ہے۔

[figure_pair pending]

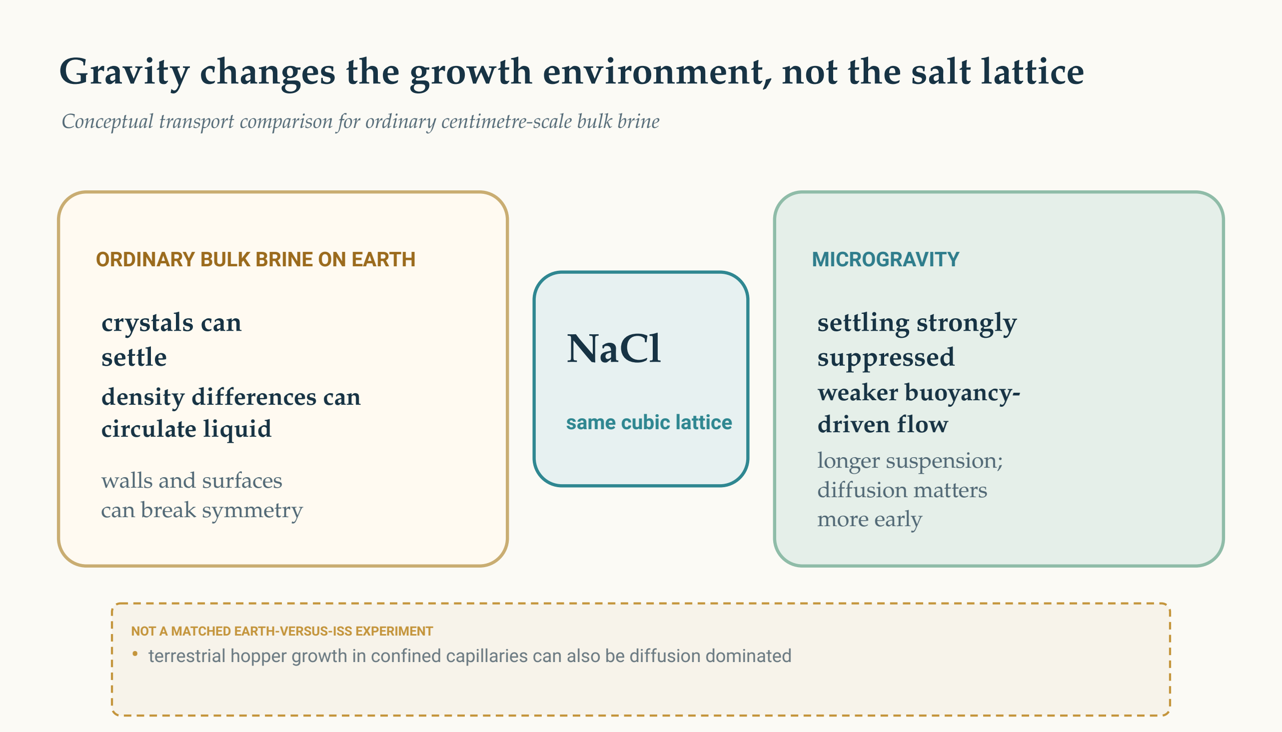
ISS پر اگائے گئے potassium chloride کے شکل-scroll کھوکھلا سیڑھی نما بلور کی دو اسکیننگ الیکٹران خردبینی تصاویر۔ یہ بعد کی تصاویر صرف شکل کی مثالیں ہیں؛ یہ اس مضمون میں زیرِ بحث 2011، 2015 یا 2019 کے مطالعات کے sodium-chloride نمونے یا پیمائشیں نہیں ہیں۔

[video pending]

Microgravity میں پانی کی ایک باریک تہہ کے اندر potassium chloride کھوکھلا سیڑھی نما growth کی ایک بعد کی وقت-lapse۔ یہ کناروں اور کونوں سے ہونے والی افزائش دکھاتی ہے، نہ کہ اس مضمون میں تجزیہ کیے گئے sodium-chloride تجربات یا ان کے اعداد و شمار۔

بلور **فوق سیر شدہ نمکین محلول** سے بڑھتے ہیں: ایسا نمکین پانی جس میں ان حالات کے توازن کی مقدار سے زیادہ سوڈیم کلورائیڈ حل ہو۔ سوڈیم اور کلورائیڈ آئنوں کو مائع میں سفر کر کے بلور کی سطح تک پہنچنا ہوتا ہے۔

ان کے پہنچنے کے دو بڑے راستے ہیں۔ **پھیلاؤ** سالماتی بے ترتیبی کی وہ حرکت ہے جو محلول میں مادے کو ارتکاز کے فرق کے ساتھ لے جاتی ہے، بغیر اس کے کہ پورا مائع گردش کرے۔ **Convection** خود مائع کی حرکت ہے۔ معمولی کششِ ثقل میں درجۂ حرارت یا ارتکاز کے چھوٹے فرق کثافت بدل سکتے ہیں اور buoyancy-driven circulation پیدا کر سکتے ہیں۔ بلور **sediment** بھی کر سکتے ہیں، یعنی مائع میں نیچے بیٹھ سکتے ہیں۔



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

ایک تصوراتی تقابل دونوں ماحول میں وہی sodium chloride lattice دکھاتا ہے۔ زمین پر عام حجمی رکاوٹ نمکین محلول میں settling، buoyancy circulation اور سطح سے رابطہ ہو سکتا ہے؛ microgravity پہلے دو اثرات کو بہت کم کرتی ہے، بلوروں کو زیادہ دیر معلق رہنے دیتی ہے اور ابتدائی افزائش میں پھیلاؤ کو زیادہ اہم بناتی ہے۔ یہ زمین اور ISS کے درمیان matched تجربہ نہیں تھا۔

The Clean Paper CC BY 0.4

یہ تجربہ بین الاقوامی خلائی اسٹیشن پر کیا گیا، جو مدار میں موجود microgravity تجربہ گاہ ہے۔ **Microgravity** کا مطلب یہ نہیں کہ کششِ ثقل بالکل نہیں ہوتی۔ 2019 کے مقالے نے زمین کی سطحی کششِ ثقل کے تقریباً 2.1 millionths، یعنی 2.1 micro-g، کے برابر باقی رہ جانے والی acceleration کے ساتھ مائع کی سست cyclic motion بھی رپورٹ کی۔ ماحول نے مادے کی منتقلی کا توازن بدلا؛ اس نے محلول کو بالکل ساکن نہیں بنایا۔

ملی میٹر کے مکعب تک پہنچنے کا ایک سست راستہ

2019 کی تحقیق نے ISS پر نمکین محلول سے پانی بخارات بن کر نکلنے کے دوران بننے والے کھوکھلا سیڑھی نما مکعب پر توجہ دی۔ رپورٹ کیے گئے مکعبی کنارے **2** سے **8** ملی میٹر تک تھے۔ افزائش کی شرح **34.0** سے **0.1** مائیکرو میٹر فی منٹ (تقریباً **49.0** سے

44.1 ملی میٹر فی دن) تھی، اوسط **68.0 مائیکرو میٹر فی منٹ** اور معیاری انحراف 23.0 تھا۔

اس اوسط رفتار پر 8 ملی میٹر کا کنارا بننے میں تقریباً ایک ہفتہ لگے گا۔ یہ حساب ایک تخمینہ ہے، کسی ایک بلور کے ہر مرحلے کی وقت-lapse پیمائش نہیں۔

مصنفین نے supersaturation کو **002.1 سے کم** اندازہ کیا۔ ان کے زمینی تقابلی لٹریچر میں کھوکھلا سیڑھی نما growth بہت زیادہ supersaturation، 45.1 سے اوپر، پر بیان ہوئی، جہاں شرح 10 سے 110 مائیکرو میٹر فی سیکنڈ تھی اور افزائش چند سیکنڈ یا منٹ جاری رہتی تھی، عموماً 250 مائیکرو میٹر سے چھوٹے مکعب بنتے تھے۔

یہ تقابل معلوماتی ہے، مگر matched نہیں۔ ISS کے بلور اور زمینی لٹریچر ایک ہی ٹیم کے بیک وقت چلائے گئے یکساں زمینی اور مداری تجربات نہیں تھے۔ مختلف برتن، انٹرفیسز اور طریقے کششِ ثقل کے ساتھ ساتھ اثر انداز ہو سکتے ہیں۔

اس لیے سب سے مضبوط فرق وصفی ہے: ISS کی ان مشاہدات میں کھوکھلا سیڑھی نما مکعب کم supersaturation پر، دنوں سے ہفتوں کے دوران آہستہ بڑھے اور ملی میٹر کے پیمانے تک پہنچے۔

ابتدا میں پھیلاؤ غالب تھی، بعد میں مائع کی سست حرکت ممکن رہی

2019 کے مقالے نے مائع کی حرکت سے نقل و حمل اور پھیلاؤ سے نقل و حمل کا موازنہ کرنے کے لیے **Peclet عدد** استعمال کیا۔ ایک سے کم قدر کا مطلب ہے کہ پھیلاؤ زیادہ اہم ہے؛ ایک سے زیادہ قدر میں حجمی رکاوٹ motion غالب ہو سکتی ہے۔

> **ایک نسبت، سوچ نہیں**
> خالص اوپر سے ایک اور مائع ساکن بالکل نیچے سے ایک کو دنیا یہ ہے۔ موازنہ کا rates حمل و نقل دو عدد Peclet velocity گئی کی استعمال لیے کے محلول نمکین کے اردگرد اور سائز کے بلور قدر یہاں کرتا۔ نہیں تقسیم میں convection میں برتن بڑے تھے؛ میں حالات دائرۂ پھیلاؤ-dominated پر طور واضح بلور چھوٹے سے سب رہی۔ بدلتی ساتھ کے اندازہ ہو۔ اہم حرکت سست کی مائع جہاں تھا سکتا پہنچ میں حالات دائرۂ ایسے بلور بڑا سے سب

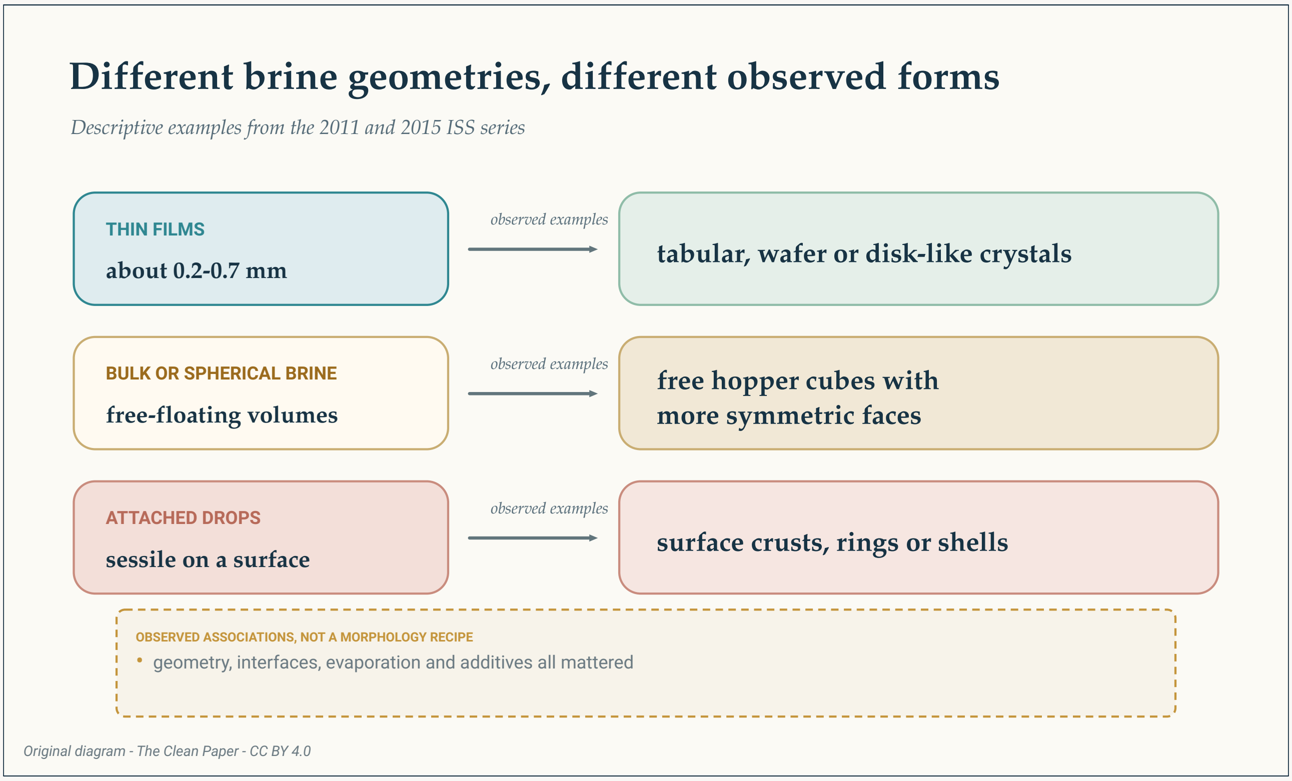
چھوٹے، تقریباً 8.0 سینٹی میٹر قطر کے قطرات میں اندازہ شدہ Peclet قدریں nucleation کے قریب تقریباً **0004.0** سے بڑھ کر آخری ناپے گئے سائز پر تقریباً **03.0** ہوئیں۔ پھیلاؤ غالب رہی۔

2 سے 3 سینٹی میٹر کے crystallizers میں یہ تخمینہ 50 مائیکرو میٹر کے nucleus کے لیے تقریباً **05.0** سے بڑھ کر 4 ملی میٹر کے کنارے کے لیے تقریباً **4** ہوا۔ ابتدائی افزائش اب بھی پھیلاؤ-dominated تھی، لیکن بعد میں سست cyclic motion کا حصہ ہو سکتا تھا۔

اسی لیے یہ کہنا غلط ہوگا کہ "microgravity نے convection ختم کر دی"۔ معمول کی buoyancy-driven circulation اور settling بہت کم ہوئے، مگر residual acceleration اور ناپی جا سکنے والی motion باقی رہی۔

مائع کی شکل بھی اہم تھی

2011 کا مقالہ اور 2015 کا مقالہ تصویر کو وسیع کرتے ہیں۔ ان میں پتلی فلمیں، نسبتاً موٹی مائع تہوں، تقریباً کروی نمکین محلول volumes اور سطح سے جڑے قطروں میں نمک کی crystallization رپورٹ کی گئی۔



تین قطاریں پورے dossier میں دیکھی گئی مثالوں کا خلاصہ کرتی ہیں: پتلی فلمیں میں tabular یا قرص-like شکلیں، حجمی رکاوٹ یا کروی نمکین محلول میں آزاد کھوکھلا سیڑھی نما مکعب، اور سطح سے جڑے قطروں میں crusts، rings یا خول۔ یہ وصفی تعلقات ہیں، کوئی نسخہ یا ضمانت نہیں۔

The Clean Paper CC BY 0.4

2011 کے مطالعے میں تقریباً 2.0 سے 7.0 ملی میٹر موٹی باریک فلمیں نے پتلی wafers اور tabular بلور بنائے۔ آزاد تیرتے نمکین محلول volumes نے زیادہ متوازن پہلوؤں اور کھوکھلا سیڑھی نما مکعب کی اجازت دی۔

2015 کی مشاہدات میں 2.0 سے 7.0 ملی میٹر کی پتلی تہیں، تقریباً 4 سے 6 ملی میٹر کی موٹی تہیں، اور سطح سے جڑے تقریباً 20 سے 32 ملی میٹر چوڑے نیم کروی قطرے شامل تھے۔ رپورٹ شدہ شکلوں میں tabular، hoppers، مکعب، قرص-like بلور، dendrites، rings اور خول شامل تھے۔ ایک مشاہداتی سلسلے میں polyethylene glycol شامل کرنے سے کھوکھلا سیڑھی نما growth کم ہوئی۔

مصنفین نے 2015 کے کام کو crew کے off-duty وقت میں غیر فہرست شدہ سامان سے کیے گئے مشاہدات کے طور پر بیان کیا، نہ کہ ایک سخت programmatic investigation کے طور پر۔ مثالیں دکھاتی ہیں کہ مائع کی جیومیٹری، انٹرفیسز، evaporation اور additives سب اہم تھے۔ یہ کوئی deterministic نسخہ مقرر نہیں کرتیں جس میں ایک خاص برتن کی شکل لازماً ایک خاص بلور کی شکل دے۔

lattice نمک کی نئی قسم نہیں بنی

بلور ساخت اور **شکل** کا فرق بنیادی ہے۔

ساخت وہ دہرائی جانے والی جوہری ترتیب ہے۔ شکل باہر سے نظر آنے والی شکل ہے۔ 2011 کے مقالے میں neutron dffiraction نے زمینی نمونوں کے مقابلے میں sodium chloride کی بدلی ہوئی ساخت یا خلیہ-lattice پیرامیٹرز کی نشاندھی نہیں کی۔ مداری نمونوں میں **نمکین محلول inclusions** بھی تھیں، یعنی بلور کے اندر پھنسے ہوئے محلول کے چھوٹے حصے۔

اس لیے بڑا اور زیادہ متوازن دکھائی دینا زیادہ خالص یا آزاد-defect مادے کا ثبوت نہیں۔ dossier میں شامل کسی مقالے نے زیادہ کیمیائی خالص پن، بہتر میکانی کارکردگی یا کسی مخصوص device کے لیے موزونیت رپورٹ نہیں کی۔

کششِ ثقل نے بالواسطہ اثر ڈالا۔ اس نے settling، liquid circulation، orientation اور سطحوں سے رابطہ کو بدلا۔ اس نے sodium-chloride bonds کی طاقت نہیں بدلی اور نہ کوئی نئی atomic فیز بنائی۔

یہ تجربات ہمیں کیا سکھا سکتے ہیں، اور کیا نہیں

مقالات ایک نقل و حمل-پر مبنی وضاحت کی حمایت کرتے ہیں: معمول کی settling اور buoyancy-driven بہاؤ کو بہت کم کرنے سے کچھ بلور زیادہ دیر معلق رہے اور نسبتاً متوازن حالات میں آہستہ بڑھے۔ ناپے گئے سائز، شرحیں اور شکلیں براہِ راست مشاہدات ہیں، supersaturation، growth تاریخ اور Peclet قدریں میں اندازے شامل ہیں، زمین سے موازنہ جزوی طور پر دوسرے شائع شدہ تجربات پر مبنی ہے۔

اس dossier کے لیے کوئی ایک صاف denominator نہیں ہے۔ یہ تین مقالات میں الگ الگ بلور، crystallizers اور منتخب مثالوں کو جوڑتا ہے۔ ان سب کو ایک کل میں جمع کرنا ایک ایسی یکساں تجربہ کا تاثر دے گا جو ہوئی ہی نہیں۔

مطالعات تیاری دعویٰ کے لیے درکار شواہد بھی رپورٹ نہیں کرتے۔ ان میں throughput، production cost، توانائی استعمال، yield، قابلِ اعتماد کارکردگی یا مفید مواد کارکردگی نہیں ناپی گئی۔ 2015 کا سلسلہ ابتدائی تحقیقی تھا۔ زمینی موازنے matched کنٹرولز نہیں تھے۔ اور کسی چیز کا بڑا یا بصری طور پر متاثر کن ہونا یہ ثابت نہیں کرتا کہ وہ کسی استعمال کے لیے بہتر ہے۔

قدرتی نمک کے ذخائر میں سینٹی میٹر پیمانے کے کھوکھلا سیڑھی نما مکعب مل سکتے ہیں، کبھی نمکین محلول سے بھیگی کیچڑ میں معلق حالت میں۔ 2019 کا مقالہ سست، پھیلاؤ-dominated growth کے ساتھ ایک ممکنہ مماثلت تجویز کرتا ہے۔ یہ دلچسپ تقابل ہے، ثبوت نہیں کہ قدرتی اور مداری کھوکھلا سیڑھی نما بلور ایک ہی طریقۂ کار سے بنتے ہیں۔

صاف خلاصہ

بین الاقوامی خلائی اسٹیشن پر بخارات بنتے نمکین محلول سے اگائے گئے sodium chloride بلور میں 2 سے 8 ملی میٹر کے کھوکھلے، زینہ دار کھوکھلا سیڑھی نما مکعب شامل تھے۔ مقالات نقل و حمل-پر مبنی وضاحت کی حمایت کرتے ہیں: microgravity نے معمول کی settling اور buoyancy-driven بہاؤ کو بہت کم کر دیا، جس سے بلور زیادہ دیر معلق رہے اور آہستہ بڑھے، جبکہ ابتدا میں پھیلاؤ غالب رہی۔ مائع کی جیومیٹری، انٹرفیسز، evaporation اور additives نے بھی شکل پر اثر ڈالا۔ Neutron dffiraction نے sodium chloride کی نئی ساخت نہیں دکھائی، اور نمکین محلول inclusions باقی رہیں۔ یہ مواد سائنس کا ایک محدود صورت مطالعہ ہے، نہ اس بات کا ثبوت کہ خلا کامل بلور بناتا ہے یا صنعتی پیداوار کا راستہ فراہم کرتا ہے۔

بلا مبالغہ جائزہ

مقالات کیا دکھاتے ہیں: ISS کے مختلف نمکین محلول geometries میں ملی میٹر پیمانے کے sodium chloride کھوکھلا سیڑھی نما مکعب اور دوسری شکلیں بنیں۔ 2019 کے کھوکھلا سیڑھی نما مکعب کم اندازہ شدہ supersaturation پر آہستہ بڑھے، اور ابتدا میں پھیلاؤ غالب تھی۔

کیا تشریح کی گئی ہے: بہت کم settling اور buoyancy-driven بہاؤ نے زیادہ دیر معلق رہنے اور زیادہ متوازن افزائش کی اجازت دی۔ بڑے crystallizer میں آخری مراحل پر مائع کی سست حرکت اہم ہو سکتی تھی۔

یہ کیا نہیں دکھاتے: نمک کی نئی جوہری شکل، زیادہ خالص یا defect-آزاد بلور، matched زمین-versus-ISS آزمائش، microgravity کا کوئی ہمہ گیر فائدہ، یا تجارتی تیاری راستہ۔

اہم حدود: مختلف geometries کے ساتھ تین الگ مطالعات اور منتخب مثالیں؛ دوسرے مطالعات سے زمینی موازنے؛ اندازہ شدہ نقل و حمل مقادیر؛ dossier کے کچھ ابتدائی تحقیقی، غیر-programmatic حصے؛ اور عمل economics یا کارکردگی جانچیں کی عدم موجودگی۔

عام قاری کو کتنا اعتماد رکھنا چاہیے؟ اس بات پر زیادہ اعتماد کہ رپورٹ شدہ مداری شکل اور سست افزائش حقیقی ہیں۔ مشاہدات کو مجموعی طور پر سمجھانے کے لیے نقل و حمل وضاحت پر درمیانہ اعتماد۔ اور اس دعوے پر بہت کم اعتماد کہ نمک کے یہ تجربات خلائی تیاری کے بارے میں کوئی عمومی وعدہ ثابت کرتے ہیں۔

ماخذ

Pettit and Fontana, Comparison of sodium chloride hopper cubes grown under microgravity and terrestrial conditions, npj Microgravity 5, 25 (2019)
https://doi.org/10.1038/s41526-019-0085-0

Fontana, Schefer and Pettit, Characterization of sodium chloride crystals grown in microgravity, Journal of Crystal Growth 324, 207-211 (2011)
https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2011.04.001

Fontana, Pettit and Cristoforetti, Sodium chloride crystallization from thin liquid sheets, thick layers, and sessile drops in microgravity, Journal of Crystal Growth 428, 80-85 (2015)
https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2015.07.026