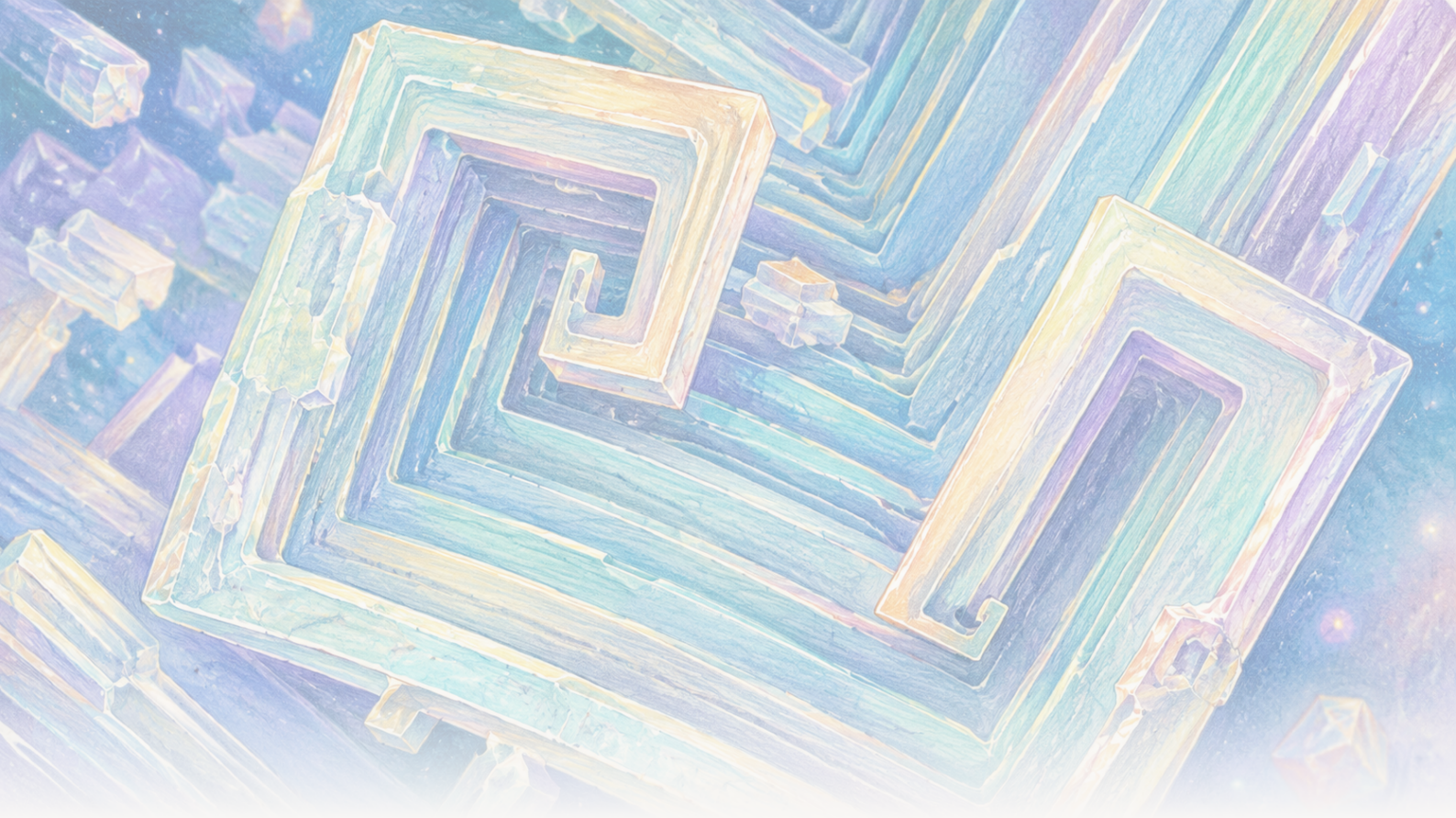


The Clean Paper

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

Во орбита, кујнската сол израсна во шупливи коцки. Гравитацијата ја промени саламурата, не солта

Кристали на натриум хлорид одгледани на Меѓународната вселенска станица вклучувале шупливи, скалести коцки со големина од 2 до 8 милиметри. Трудовите поддржуваат објаснување засновано на транспорт: вообичаеното таложење и струењето поттикнато од потисок биле силно потиснати, додека во раниот раст доминирала дифузијата. Решетката не станала нов облик на сол, а експериментите не воспоставуваат индустриски процес.

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: 10.1038/s41526-019-0085-0

Во орбита, обичната кујнска сол израсна во шупливи скалести коцки

Кристалите изгледаа архитектонски: квадратни рамки вгнездени една во друга, а нивните страни вдлабнати во скалести форми.

Беа направени од обичен натриум хлорид, истото соединение како кујнската сол. Необичниот дел не беше материјалот. Беше саламурата околу него.

На Земјата, кристал што расте во сантиметарски волумен течност може да потоне, да допре ѕид или површина и да помогне да се создадат разлики во густината што ја циркулираат растворот. На Меѓународната вселенска станица, вообичаеното таложење и струењето поттикнато од потисок беа силно потиснати. Некои кристали сол останаа суспендирани доволно долго за бавно и посиметрично да израснат во **hopper-коцки** со рабови од 2 до 8 милиметри.

Три труда, објавени во 2011, 2015 и 2019, ги опишуваат овие експерименти. Заедно даваат чиста лекција по физика на транспортот: менувањето на начинот на кој растворениот материјал стигнува до кристалот може да ја промени неговата видлива форма без да ја промени атомската структура.

Тие не покажуваат дека вселената создава совршени кристали, не воспоставуваат индустриски процес и не откриваат нов вид сол.

Што ја претвора коцката во hopper-кристал

Нормален кристал на натриум хлорид има кубен атомски распоред. **Hopper-кристал** и понатаму е кубен, но неговите агли и рабови растат побрзо од средиштата на неговите страни. Резултатот е шуплива, скалеста вдлабнатина на секоја страна, како коцката најпрво да се обидела да ја изгради рамката, а дури потоа да ги пополни ѕидовите.

Подоцнежен пример од ISS го прави тој образец на раст видлив, но служи како контекст, а не како доказ од трите труда за натриум хлорид. Сликата и time-lapse снимката на Donald Pettit подолу покажуваат **калиум хлорид**, друга сол, која во микрогравитација формира скалести hopper и scroll-морфологии.

[figure_pair pending]

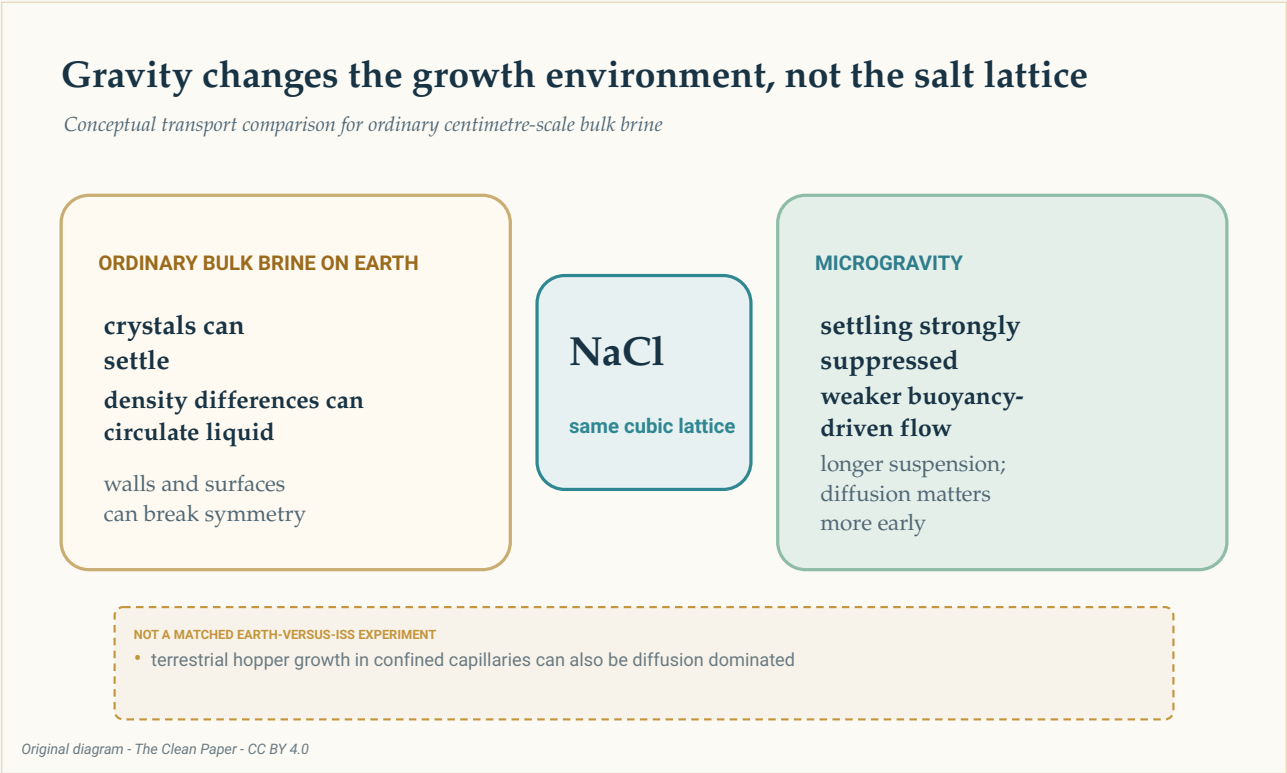
Две електронски микрографии со скенирачки електронски микроскоп на scroll-form hopper-кристали од калиум хлорид одгледани на ISS. Овие подоцнежни слики се контекстуални примери на морфологијата, а не примероци од натриум хлорид или мерења од студиите од 2011, 2015 или 2019 година разгледани во овој напис.

[video pending]

Подоцнежна time-lapse снимка на раст на hopper-кристал од калиум хлорид во тенок воден филм во микрогравитација. Таа го илустрира растот на рабовите и аглите, а не експериментите или податоците за натриум хлорид анализирани во овој напис.

Кристалите растат од **презаситена саламура**: солена вода што содржи повеќе растворен натриум хлорид отколку што би задржала во рамнотежа под тие услови. Јоните на натриум и хлорид мора да патуваат низ течноста и да се приклучат на површината на кристалот.

Постојат два главни начина да се придвижуваат. **Дифузијата** е случајното молекуларно движење што го носи растворениот материјал долж разлика во концентрацијата без масовно циркулирање на течноста. **Конвекцијата** е движење на самата течност. Под нормална гравитација, мали разлики во температурата или концентрацијата можат да ја променат густината и да поттикнат циркулација поради потисок. Кристалите можат и да **седиментираат**, односно да се таложат низ течноста.



Концептуална споредба ја покажува истата решетка на натриум хлорид во двете средини. Обична масовна саламура на Земјата може да вклучува таложење, циркулација поради потисок и допир со површини; микрогравитацијата силно ги потиснува првите две, овозможува подолго суспендирање и ја прави дифузијата поважна во раниот раст. Ова не беше усогласен експеримент Земја наспроти ISS.

The Clean Paper CC BY 4.0

Овој експеримент беше спроведен на Меѓународната вселенска станица, орбитална лабораторија во микрогравитација. Изразот **микрогравитација** не значи отсуство на гравитација. Трудот од 2019 година пријавува остаточно забрзување од околу 1,2 милионити делови од површинската гравитација на Земјата, односно 1,2 micro-g, заедно со бавно циклично движење на течноста. Средината ја промени рамнотежата

на транспортот; не ја направи саламурата совршено неподвижна.

Бавен пат до коцки со милиметарски размери

Студијата од 2019 година се фокусираше на hopper-коцки што растеле додека водата испарувала од саламурата на ISS. Пријавените рабови на коцките биле долги од **2 до 8 милиметри**. Стапките на раст се движеле од **0,34 до 1,0 микрометар во минута** (околу **0,49 до 1,44 милиметри дневно**), со просек од **0,68 микрометри во минута** и стандардна девијација од 0,23.

Со таа просечна стапка, на раб долг 8 милиметри би му требала приближно една недела да се развие. Пресметката е проценка, а не time-lapse мерење на секоја фаза од еден кристал.

Авторите процениле презаситеност под **1,002**. Во нивната споредбена литература од Земјата се опишува hopper-раст при многу повисока презаситеност, над 1,45, со стапки од 10 до 110 микрометри во секунда во текот на секунди или минути, при што обично се создавале коцки помали од 250 микрометри.

Таа споредба е информативна, но не е усогласена. Кристалите од ISS и земната литература не потекнуваат од истовремени, идентични групи Земја и орбита водени од ист тим. Различни садови, интерфејси и методи можат да бидат важни покрај гравитацијата.

Затоа најсилниот контраст е описен: во овие набљудувања на ISS, hopper-коцките растеле бавно, при мала презаситеност, во текот на денови до недели и достигнале милиметарски размери.

Дифузијата доминирала рано; подоцна струењето сепак било можно

Трудот од 2019 година го користел **Peclet-овиот број** за да го спореди транспортот со движење на течноста со транспортот преку дифузија. Вредност под еден значи дека дифузијата е поважна; вредност над еден значи дека масовното движење може да доминира.

> **Однос, не прекинувач**
>
> Peclet-овиот број е споредба меѓу две стапки на транспорт. Тој не го дели светот на совршено неподвижна течност под еден и чиста конвекција над еден. Тука вредноста се менувала со големината на кристалот и со проценката на брзината

> користена за околната саламура. Најмалите кристали јасно биле во режим во кој доминира дифузијата; најголемиот кристал во поголемиот сад можел да влезе во режим во кој бавното движење на течноста станува важно.

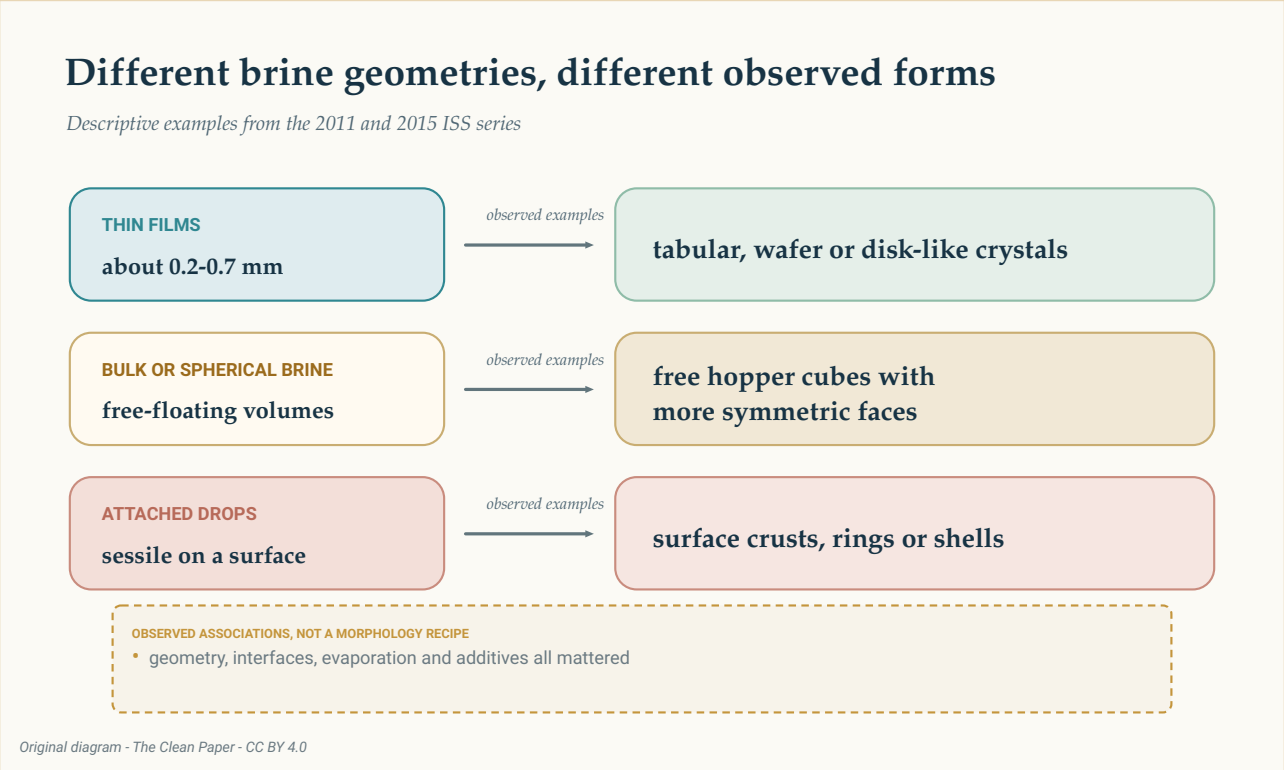
Во помалите капки, со големина од околу 0,8 сантиметри, проценетите Peclet-ови броеви пораснале од околу **0,0004** близу нуклеацијата до околу **0,03** на последната измерена големина. Дифузијата останала доминантна.

Во кристализатори од 2 до 3 сантиметри, проценката пораснала од околу **0,05** за јадро од 50 микрометри до околу **4** за раб од 4 милиметри. Во раниот раст и понатаму доминирала дифузијата, но бавното циклично движење можело да придонесе подоцна.

Токму затоа би било погрешно да се каже „микрогравитацијата ја отстрани конвекцијата“. Обичната циркулација поттикната од потисок и таложењето биле силно намалени. Остаточно забрзување и мерливо движење сепак останале.

Важна беше и формата на течноста

Трудот од 2011 година и трудот од 2015 година ја прошируваат сликата. Тие пријавиле кристализација на сол во тенки филмови, подебели слоеви течност, приближно сферични волумени саламура и капки прикачени на површина.



Три реда сумираат набљудувани примери низ целиот досие: тенки филмови со табуларни или дисковидни

форми, масовна или сферична саламура со слободни hopper-коцки и прикачени капки со кори, прстени или обвивки. Ова се описни асоцијации, а не рецепт или гаранција.

The Clean Paper CC BY 4.0

Во студијата од 2011 година, тенки филмови со дебелина од приближно 0,2 до 0,7 милиметри создавале тенки плочки и табуларни кристали. Слободно лебдечки волумени саламура овозможувале посиметрични странични површини и hopper-коцки.

Набљудувањата од 2015 година вклучувале тенки слоеви дебели 0,2 до 0,7 милиметри, подебели слоеви од околу 4 до 6 милиметри и прикачени хемисферични капки со дијаметар приближно 20 до 32 милиметри. Пријавените форми вклучувале табуларни hopper-кристали, коцки, дисковидни кристали, дендрити, прстени и обвивки. Додавањето полиетилен гликол го потиснало hopper-растот во една серија набљудувања.

Авторите ја опишале работата од 2015 година како набљудувања направени со неинвентаризиран материјал за време на слободното време на екипажот, а не како строга програмска истрага. Примерите покажуваат дека геометријата на течноста, интерфејсите, испарувањето и адитивите сите имале значење. Тие не дефинираат детерминистички рецепт во кој една форма на сад гарантира една форма на кристал.

Решетката не стана нов облик на сол

Разликата меѓу **кристална структура** и **морфологија** е суштинска.

Структурата е повторувачкиот атомски распоред. Морфологијата е видливата надворешна форма. Неутронската дифракција во трудот од 2011 година не идентификувала променета структура на натриум хлорид ниту променети параметри на елементарната ќелија на решетката во споредба со примероци од Земјата. Орбиталните примероци содржеле и **вклучоци од саламура**, мали џебови раствор заробени во кристалот.

Затоа големиот и симетричен изглед не е доказ за почист материјал или материјал без дефекти. Ниту еден труд во досието не пријавува повисока хемиска чистота, подобри механички својства или соодветност за конкретен уред.

Гравитацијата дејствувала индиректно. Го променила таложењето, циркулацијата на течноста, ориентацијата и допирот со површини. Не ја променила јачината на врските натриум-хлорид ниту создала нова атомска фаза.

Што можат, а што не можат да нè научат овие експерименти

Трудовите поддржуваат објаснување засновано на транспорт: силното потиснување на вообичаеното таложење и струењето поттикнато од потисок им овозможило на

некои кристали да останат суспендирани и да растат бавно во посиметрични услови. Измерените големини, стапки и форми се директни набљудувања; презаситеноста, историјата на растот и Peclet-овите броеви вклучуваат проценки; споредбата со Земјата делумно се потпира на други објавени експерименти.

За целото досие нема еден чист именител. Тоа комбинира поединечни кристали, кристализатори и избрани примери низ три труда. Нивно собирање во една вкупна бројка би создало впечаток на униформен експеримент што не постоел.

Студиите исто така не пријавуваат ниту еден од доказите потребни за тврдење за производство. Не мерат пропусност, производни трошоци, потрошувачка на енергија, принос, доверливост ниту корисни материјални перформанси. Серијата од 2015 година била истражувачка. Земните споредби не биле усогласени контроли. А големо или визуелно впечатливо не значи исто што и подобро за некоја примена.

Природните наслаги на сол можат да содржат hopper-коцки со сантиметарски размери, понекогаш суспендирани во кал натопена со саламура. Трудот од 2019 година предлага можна аналогија со бавен раст во кој доминира дифузијата. Тоа е интересна споредба, не доказ дека природните и орбиталните hopper-кристали имаат ист механизам.

Кратко резиме

Кристали сол одгледани од саламура што испарувала на Меѓународната вселенска станица вклучувале шупливи, скалести hopper-коцки со големина од 2 до 8 милиметри. Трудовите поддржуваат објаснување засновано на транспорт: микрогравитацијата силно ги потиснала вообичаеното таложење и струењето поттикнато од потисок, овозможувајќи бавен раст и подолго суспендирање, додека во раниот раст доминирала дифузијата. Геометријата на течноста, интерфејсите, испарувањето и адитивите исто така влијаеле врз морфологијата. Неутронската дифракција не покажала нова структура на натриум хлорид, а вклучоци од саламура останале присутни. Работата е ограничена студија на случај од науката за материјали, а не доказ дека вселената создава совршени кристали или овозможува индустриски процес.

Проверка без претерување

Што покажуваат трудовите: Милиметарски hopper-коцки од натриум хлорид и други морфологии израснале во неколку геометрии на саламура на ISS. Hopper-коцките од 2019 година растеле бавно при ниска проценета презаситеност, со дифузија што доминирала рано.

Што е толкување: Силно намаленото таложење и струењето поттикнато од потисок овозможиле подолго суспендирање и посиметричен раст. Бавното движење на

течноста можеби станало важно подоцна во поголемиот кристализатор.

Што не покажуваат: Нов атомски облик на сол, почисти или бездефектни кристали, усогласен експеримент Земја наспроти ISS, универзална предност на микрогравитацијата или комерцијален производствен пат.

Главни ограничувања: Три различни студии со различни геометрии и избрани примери; споредби со земни студии од други извори; проценети транспортни величини; истражувачки, непрограмски делови од досието; и отсуство на економска анализа на процесот или тестови на перформансите.

Колкава доверба треба да има општ читател? Висока доверба дека пријавените орбитални морфологии и бавниот раст се реални. Умерена доверба во транспортното објаснување како најдобар опис на сите набљудувања. Многу ниска доверба во кое било тврдење што ги претвора овие експерименти со сол во општо ветување за производство во вселената.

Извори

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