

МИКИТА КАЛІБЕРДА

ХІМІЯ

У НЕВАГОМОСТІ

Уже понад півтисячі людей з 35-ти країн побували у космосі. Учені передбачають, що у наступному, ХХІІ столітті, будуть створені невеликі колонії у космосі, однак не на повному самозабезпеченні, а такі, що потребуватимуть надходжень техніки (електроніки, медичної апаратури, наукових приладів) із Землі. У цьому ж столітті людство віддаватиме перевагу використанню космосу в інтересах забезпечення життєдіяльності на Землі, а також численним туристичним польотам у космос.

Коли ти, читачу, підростеш, космічні подорожі будуть такими ж буденними, як мандрівки в екзотичні куточки нашої планети. Уже



сьогодні люди готові витратити величезні кошти (один політ – від 25–35 мільйонів доларів), щоб побачити Землю з космосу, виконати цікаві експерименти, пізнати неймовірне відчуття невагомості: підстрибнув і, замість того, щоб приземлитися, летиш і летиш вгору! І хоча досягти короткочасної невагомості можна і на Землі, тривала невагомість можлива лише у космосі.

Науковці досліджують речовини у різних умовах: у вакуумі, під дією лазера, у невагомості. А ми, „земні“ хіміки, спробуємо спрогнозувати, як невагомість вплине на різні процеси і чи може це нам знадобитися.

### ЩО ТАКЕ НЕВАГОМІСТЬ?

Кожний шестикласник знає, що вага – це сила, з якою тіло внаслідок дії Землі тисне на опору або розтягує підвіс. А тепер уяви, що опора разом з тілом падає в гравітаційному полі Землі. І опора, і тіло рухаються з однаковою швидкістю, а, отже, тіло не тисне на опору і перебуває у стані невагомості. Де таке явище можна спостерігати? На Землі – у кабіні ліфта, який зірвався з тросів і вільно падає. Насправді, це не вільне падіння, бо крім сили тяжіння на ліфт діє сила опору з боку повітря. Політ на космічному апараті, що обертається навколо Землі – це теж падіння на Землю. Станція рухається горизонтально за інерцією і водночас падає на Землю вертикально, тому її відстань до поверхні Землі не змінюється.



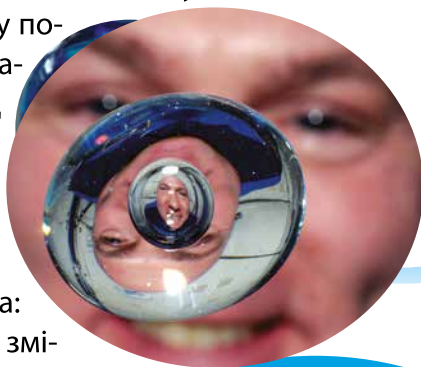
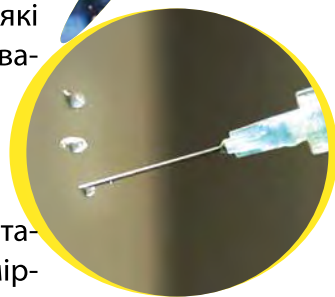
Космонавти, які перебувають у стані невагомості в кабіні космічного апарата, спостерігають дуже цікаві

ефекти. Водночас невагомість створює особливі умови для організації їхньої професійної діяльності. В умовах невагомості деякі фізичні та хімічні процеси (наприклад, горіння, конвекція) відбуваються зовсім інакше, ніж ми звикли.

## „КУЛЯСТІ” РІДИНИ

Вплив невагомості на речовину залежить від її агрегатного стану. Поведінка газів істотно не змінюється: молекули газів рівномірно розподіляються в посудині, „не прагнучи” донизу, адже у невагомості немає ані „верху”, ані „низу”. У невагомості рідини набувають власної сферичної форми. Якщо рідина добре змочує поверхню лабораторного посуду, то вона розтікатиметься по ньому тонким шаром, щоб зайняти якомога більшу частину поверхні. Вона підніметься по стінках і покриватиме посуд і зсередини, і ззовні (якщо посуд відкритий). Погодьтеся, не дуже зручно проводити реакції у розчині, яким пробірка змочена і зсередини, і ззовні! Якщо ж рідина погано змочує поверхню, то вона вилетить з посудини у вигляді кульки. І знову проблема: як проводити реакцію, якщо два розчини не змішуються, а висять у повітрі в різних кінцях лабораторії?

У невагомості важко дозувати рідини-кульки. Уяви, що треба налити 10 мл розчину: це півкульки чи четвертинка? Звичайна склянка чи мірний циліндр не допоможуть. Для вимірювання об'ємів речовин доведеться використовувати шприци-дозатори чи мірні піпетки.



## ЯК НЕ СПАЛИТИ ЕЛЕКТРОЧАЙНИК У НЕВАГОМОСТІ

Оскільки повітря на космічній станції невагоме, то сила Архімеда тут теж відсутня, а, отже, зникне і конвекція. Теплі шари рідини чи газу у невагомості не піднімаються вгору, щоб звільнити місце холодним. Щоб у кабіні корабля на МКС не утворювалися „застійні зони” з вуглекислого газу, а тепле та холодне повітря рівномірно перемішувалося, усюди встановлюють вентилятори.

За відсутності вентиляції природним механізмом перемішування рідин і газів є дифузія: рухаючись хаотично і безладно, молекули повільно „розповзаються” в усі боки.

Але дифузія – дуже повільний процес, тому рідина нагріватиметься лише поблизу стінки посудини, яку підігрівають (теплопровідність у невагомості ніхто ще не скасовував), і теплі шари не змінюватимуть положення, як ми звикли на Землі. Тому електрочайник у невагомості – річ зайва: вода закипить лише поблизу дна, а нагрівальна поверхня приладу може перегрітися і перегоріти. Щоб рівномірно прогрівати розчини і гази, дослідникам доведеться ретельно перемішувати їх. А щоб кульки рідин не вилітали, їх ще й треба притискати до дна посудини. Ось такі незручності у хімічній лабораторії на космічній станції.

## У НЕВАГОМІЙ ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

Для хіміків найважливіше – хімічні властивості речовин. А вони залежать від будови речовини, а не від наявності чи відсутності ваги тіла. Отже, хімічні властивості речовин у невагомості не змінюються. Наприклад, якщо вапняк на Землі розкладається під час нагрівання, то він буде розкладатися за тієї ж температури і на ті ж складові у невагомості:

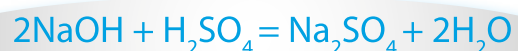


Але у невагомості вапняк нагріти важче: його треба або притиснути до нагрітої поверхні, або нагрівати у мікрохвильовій печі чи інфрачервоним випромінюванням (наприклад, „UFO”). Втім, якщо



сильно притиснути реагенти, то куди подінеться газ, що виділяється в цій реакції? Тому в невагомості речовини зручніше нагрівати випромінюванням.

Невагомість ускладнює контакт реагентів. Наприклад, для проведення реакції нейтралізації між натрій гідроксидом і сульфатною кислотою кулі цих розчинів треба злити разом:



Реакція буде відбуватися у новій спільній кулі, яка „висітиме” в повітрі. Досить незручно зливати небезпечні чи отруйні речовини (сильні кислоти чи окиснювачі), адже вони можуть спричинити опіки і зашкодити здоров'ю дослідника. Доведеться підштовхувати кулі до злиття паличками чи лопатками: такий собі хімічний тривимірний хокей! Весело, але теж небезпечно для здоров'я! Зручніше заpastися герметичним посудом з поршнями, щоб витискати кульки реагентів у спільний простір, змушуючи їх до злиття.

Такі ж складності виникнуть і під час проведення реакції між твердими та рідкими речовинами. Так, для проведення реакції між цинком і хлоридною кислотою:



доведеться закинути шматочки металу у середину кульки розчину кислоти так, щоб вони ще й не вилетіли назовні. Добре, якщо шматочки великі. Змішати порошок крейди з тією ж хлоридною кислотою для добування вуглекислого газу набагато важче, бо порошинок крейди мільйони мільярдів, і всіх їх треба якось помістити у кулю з розчином:



Знову доведеться хитрувати з хімічним обладнанням. Одні проблеми хімікам від цієї невагомості!

У реакціях між твердими речовинами і газами (наприклад, під час горіння) великою проблемою буде відсутність конвекції. Продукти горіння, що утворилися, дуже повільно розлітатимуться в усі боки внаслідок дифузії,



а нові порції кисню, необхідного для горіння, так само повільно надходять у зону горіння (теж за рахунок дифузії). Тому процес горіння протікатиме повільно і самозгасатиме. Та ще й замість яскравого полум'я горітиме тьмяна кулька (порівняйте полум'я свічки на Землі та в невагомості).

За відсутності сили Архімеда бульбашки газу, що утворюються в результаті реакції, не будуть відриватися від реагентів і підніматися вгору. У невагомості вони залишаються там, де утворилися. Наприклад, під час взаємодії розчинів сильної нітратної кислоти і поташу (калій карбонату) накопичуватимуться бульбашки вуглекислого газу:



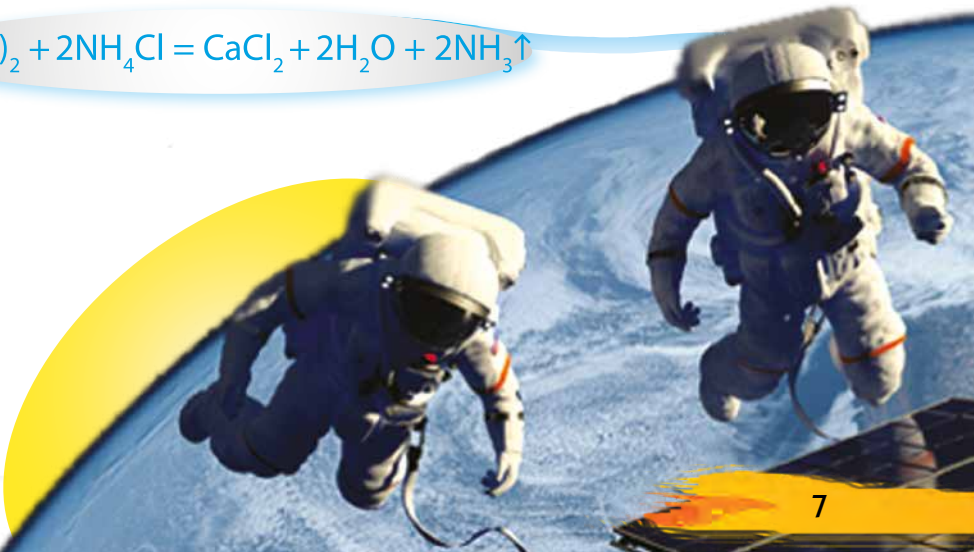
Що довше триватиме дана реакція, то більше бульбашок нагромаджується всередині кулі рідин. Врешті утвориться куля рідини з великою кількістю бульбашок газу всередині.

Газоподібні продукти реакції можуть її навіть заблокувати. Саме тому неможливо здійснити у невагомості електроліз води:



Бульбашки водню і кисню дуже швидко вкриють електроди, заблокують доступ води до поверхонь пластин, і реакція припиниться.

Таке ж явище буде спостерігатися і під час реакції між двома твердими речовинами, яка супроводжується виділенням газу. Наприклад, у лабораторному методі добування амоніаку ( $\text{NH}_3$ ) при взаємодії кальцій гідроксиду і амоній хлориду:



а – полум'я свічки у невагомості;  
б – на Землі.



Амоніак повільно дифундує від поверхні часточок реагентів і накопичується між ними. Це призведе до погіршення контакту між гідроксидом і амоній хлоридом, що значно сповільнить реакцію.

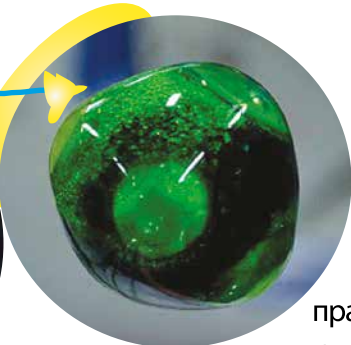
У ядерній техніці, мікроелектроніці та інших галузях велике значення мають чисті речовини. Щоб їх отримати, розділяють суміші, виокремлюючи окремі складові. У невагомості розділити суміші досить складно. Суміш води і олії не розшаровується сама на верхній (олія) і нижній (вода), як ми звикли на Землі. Кульки олії зависнуть у кульці з водою, а з часом вийдуть на поверхню і „вилетять” з водяної кулі. Реакції з випаданням осадів у невагомості теж відбуваються особливо: частинки твердих осадових речовин плавають усередині кульки, роблячи її каламутною.

Тепер ти розумієш: хоча хімічні властивості речовин у невагомості не змінюються, робота хіміків там ускладниться. Реактиви літають навколо експериментатора, їх важко об'єднати, ще й продукти реакції заважають самій реакції. Отака підступна „невагома” хімія!

## ЯКА КОРИСТЬ ВІД НЕВАГОМОСТІ?

Утім, невагомість може стати перевагою. Наприклад, у виготовленні металевих деталей ідеально сферичної форми – кульки для підшипника. На Землі металеві заготовки ретельно обточують до сферичної форми, а в невагомості будь-яка рідина набуває форми ідеальної кулі, тому дрібні розплавлені краплини металу тверднуть і перетворюються на ідеальні кульки для підшипників.

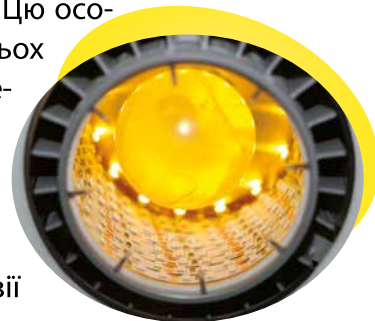
На Землі конвекція – суттєва перешкода у вирощуванні досконалих кристалів. За відсутності конвекції у невагомості кристали ростуть правильної форми, з меншою кількістю



дефектів. А що досконаліший кристал, то ближче до ідеальних його властивості. Сучасна електроніка (калькулятори, планшети, комп'ютери) працює на кристалах напівпровідників, і дуже важливо, щоб напівпровідникові деталі мали якомога менше дефектів. Тому кристали, вирощені у невагомості, можуть покращити надійність комп'ютерів і ноутбуків.

Пригадайте: осаді в невагомості не осідають. Цю особливість теж можна використати. Основу багатьох пластмас становлять речовини-полімери, які синтезують у процесі полімеризації суспензії. Суспензія – це суміш твердих часточок, нерозчинних у рідині: крейда у відрі для миття дошки чи пісок у каламутній калюжі – приклади суспензії. У процесі полімеризації важливо, щоб тверді частинки суспензії не осідали і не злипалися. На Землі суміші перемішують і додають стабілізатори, а в невагомості суспензію не потрібно перемішувати і стабілізувати, бо частинки не осідають! Отже, добути на космічній станції полімери матимуть прогнозовані властивості, отримувати їх простіше, а пластмасові вироби на їхній основі будуть міцніші, надійніші та матимуть довший термін придатності.

Ми з'ясували, що невагомість – практично непереборна перешкода для звичайної „шкільної” хімічної лабораторії. Водночас вона відкриває унікальні можливості для дослідження процесів створення впорядкованих структур, експериментів у галузі хімії горіння і синтезу речовин, космічного матеріалознавства та фізики низьких температур, вирішення завдань управління конвекційними потоками у рідинах, створення нових теплообмінних апаратів для потреб космічної техніки. І, можливо, саме тобі, юний читачу, пощастить працювати у такій космічній лабораторії!



**Каліберда Микита Сергійович,**  
учитель хімії  
Львівської СЗШ № 50,  
фіналіст I Всеукраїнського Інтернет  
конкурсу „УЧИТЕЛЬ РОКУ-2016”  
за версією науково-популярного  
природничого журналу „КОЛОСОК”.

