

Тема II. АНОМАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ



Вода – одна з найпоширеніших і найважливіших сполук на Землі. Три чверті планети покрито водою і її маса оцінюється у $1,4 \times 10^{19}$ т. Вода на поверхні Землі знаходиться, головним чином, в океанах (97,25 %). Прісна вода складає лише 2,5 %, з яких на льодовики припадає 2,05 %, а решта – на прісноводні озера, річки і підземні води. За оцінками вітчизняних і американських учених основна

маса нинішньої гідросфери сформувалася на початку палеозою (570 млн років тому), але постійний приплив мантійних вод триває і нині зі швидкістю 1 мм на 1000 років. Верхня межа гідросфери розташовується на висоті близько 300 км і практично збігається з верхньою межею атмосфери. Вода тут перебуває у вигляді пари, крапельно-рідкої вологи (тобто хмар) і кристалів льоду. Запас вологи в атмосфері ($0,013$ млн. км³) становить лише 0,0005 % від її загальної кількості в гідросфері. Утім, пухнасті білі хмари, що легко плывуть небом, не можна назвати невагомими: один кубічний кілометр цього "пуху" містить 2000 тонн найчистішої природної води!

Сучасна наука визначила роль води як універсального, планетарного компонента, що визначає структуру і властивості безлічі об'єктів живої і неживої природи.



Так у чому ж полягають загадкові, незвичайні властивості звичної всім рідкої води?

Насамперед, у тому, що практично всі властивості води аномальні – вони не підкоряються логіці тих законів фізики, які керують іншими речовинами.

Найвищими виявляються у води якраз ті характеристики, які б мали бути найнижчими: температури кипіння і замерзання, теплоти пароутворення і плавлення.

За тих діапазонів атмосферного тиску і температури, які реально існують на Землі, вода може перебувати в різних агрегатних станах. Це суттєво

відрізняє її від інших речовин, які в природних умовах перебувають переважно в одному агрегатному стані (тверді мінерали, метали, газоподібні компоненти атмосфери). Ця властивість є результатом здатності молекул води до асоціації і визначає широкий температурний інтервал її існування.

Вода має надзвичайно високі для неї температури кипіння і низькі температури замерзання



Вода має надзвичайно високі для неї температури кипіння і низькі температури замерзання, порівняно з іншими сполуками Гідрогену, до складу яких входять електронні аналоги атома Оксигену (H_2S , H_2Se , H_2Te): за нормального атмосферного тиску ($1 \text{ атм} = 101,3 \text{ кПа}$) точки кипіння і замерзання води дорівнюють 100 і 0°C відповідно.

Вода відіграє винятково важливу роль у підтримці життя на Землі завдяки комплексу специфічних фізико-хімічних властивостей.



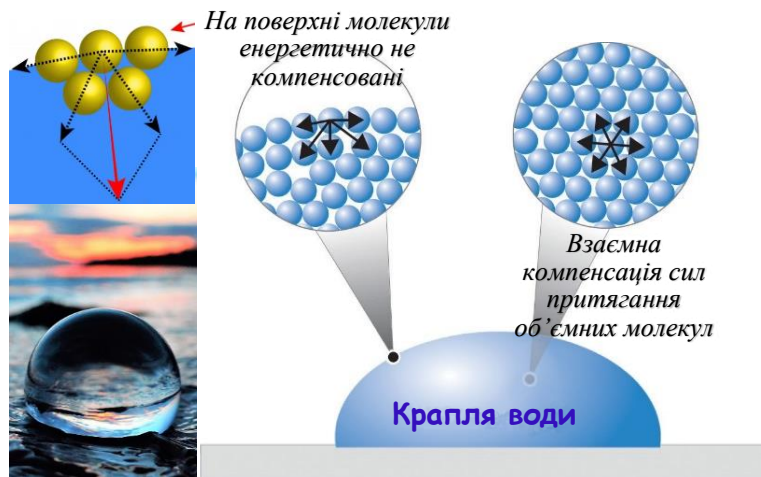
1. Чи є «плівка» на поверхні води? Поверхневий натяг води

Молекули H_2O у воді досить міцно пов'язані між собою й утворюють характерну молекулярну конструкцію, яка чинить опір будь-яким руйнівним впливам, наприклад, тепловим, механічним, електричним тощо.

Молекули води утримуються разом внаслідок утворення між ними водневого зв'язку (дивись тему 1) і саме це викликає здатність води ніби «прилипати» до поверхонь. Щоб зрозуміти це явище потрібно *порівняти стан молекул води в об'ємі рідини та на її поверхні*. Саме на поверхні дотику рідкої води з повітрям, твердим тілом або іншою рідиною виникає поверхневий натяг води.

Поверхневий шар рідкої води особливий тим, що молекули, які формують поверхню, одночасно контактують як з такими ж молекулами об'єму рідини, так і з повітрям над рідиною (газоподібне середовище) або з твердим тілом. У середині об'єму води сили притягання між молекулами взаємно компенсуються (рисунок). Оскільки у молекул, які розташовані на поверхні, відсутні сили притягання, спрямовані до верхнього повітряного середовища, то між ними діє *нескомпенсована результуюча сила*. Вона спрямована всередину від поверхні води. Отже *поверхневі молекули води*

мають некомпенсовану надлишкову енергію. Тому вони сильніше притягуються одна до одної уздовж всієї поверхні, що створює значний енергетичний бар'єр між атмосферою і водою (або твердим тілом і водою). Ця надлишкова сумарна *поверхнева сила* (енергія) змушує молекули на поверхні стискатися і чинити опір розтягуванню або руйнуванню.



Таким чином, поверхня перебуває ніби «під напругою», що і назвали *поверхневим натягом*. Цей бар'єр ускладнює переміщення об'єкта через поверхню, порівняно з переміщенням його, коли він повністю занурений у воду.

Завдяки поверхневому натягу дрібні предмети "плаватимуть" на поверхні рідини доти, доки предмет не зможе під дією сил гравітації прорватися і відокремити верхній шар молекул води. Коли об'єкт перебуває на поверхні рідини, натягнута поверхня поводитиметься як еластична мембрана.

Поверхневий натяг води є максимальним серед рідких речовин (за винятком ртуті).

Високе значення поверхневого натягу зумовлює появу на водній поверхні бризів і хвиль уже за слабкого вітру. У результаті цього сильно зростає площа контакту з атмосферою і інтенсифікуються процеси теплопередачі та газообміну.

Дія поверхневого натягу проявляється у зменшенні поверхні рідини до мінімуму. Тому краплі рідини приймають сферичну форму, а в невагомості – форму кульок: поверхня сфери є найменшою з усіх геометричних фігур рівного зі сферою об'єму, а значить і найменшу некомпенсовану енергію.

Поверхневий натяг води забезпечує необхідний натяг стінок для утворення бульбашок повітря у воді. Тенденція мінімізувати поверхневу енергію молекул стінок бульбашки призводить до того, що бульбашки набувають сферичної форми.



Триклади поверхневого натягу.

Ходіння по воді: маленькі комахи, такі як водомірки, можуть ходити по воді, оскільки їхньої ваги недостатньо, щоб проникнути через поверхню.

Плаваюча голка: обережно поміщену маленьку голку можна змусити плавати на поверхні води, навіть якщо її густина у кілька разів перевищує густину води. Якщо поверхню струсити, щоб зруйнувати поверхневий натяг, голка швидко потоне.

Переповнений стакан: під час наповнення склянки водою її можна переповнити, так що рівень рідини фактично буде вищим за край.

Не торкайтеся намету під час дощу! Звичайні матеріали для наметів певною мірою стійкі до дощу. І в цьому випадку «винуватцем» є поверхневий натяг води: внаслідок високого поверхневого натягу краплі води закривають пори тонкотканого матеріалу. Якщо ж доторкнутися до матеріалу намету пальцем, то під дією тиску поверхневий натяг руйнується і дощ потече крізь матеріал.

Наші екосистеми не змогли б вижити або навіть розвиватися без дії поверхневого натягу, а сама вода була би менш стабільною – з фізичного стану рідини вона постійно переходила б в газоподібний стан і навпаки. Отже, поверхневий натяг можна вважати тією причиною, через яку життя в тому вигляді, в якому ми його знаємо, зуміло вижити так довго!

Будь-яке додавання до води іншої речовини змінить поверхневий натяг!

Оскільки поверхневий натяг визначається на молекулярному рівні, будь-яка зміна компонентів рідини призведе до зміни поверхневого натягу. Додавання поверхнево-активних речовин, палива та багатьох рідких та/або розчинних у воді органічних сполук призведе до зменшення поверхневого натягу.

Засоби дезінфекції. Засоби дезінфекції зазвичай є розчинами з низьким поверхневим натягом. Це дає їм змогу поширюватися клітинними стінками бактерій і руйнувати їх.

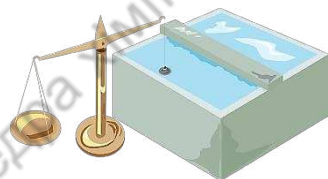
Мило і мийні засоби: вони допомагають очищати одяг, знижуючи поверхневий натяг води, завдяки чому вона легше вбирається в пори тканини і забруднені ділянки.

Прання холодною водою. Основна причина використання для прання гарячої води полягає в тому, що її поверхневий натяг нижчий і вона є кращим змочувальним агентом. Але зниження поверхневого натягу від додавання деяких мийних засобів настільки значне, що нагрівання може виявитися непотрібним.

Хто вперше виміряв величину поверхневого натягу?



Цікаво, що вплив домішок на поверхневий натяг уперше виявила Агнес Покельс (німецька хімікня-самоучка) – жінка, яка була позбавлена доступу до освіти і мила посуд на кухні. Агнес Поккельс вдалось сконструювати пристрій, який дозволяв би створювати шар молекул завтовшки в одну молекулу на поверхні води. Моделлю для цього стала миска для миття посуду.



Все, що зробила Агнес, це поклала тонку смужку металеві пластинки (дротинки) шириною 1,5 см на поверхню посуду, до країв наповненого водою, такої довжини, щоб доторкнутися обох боків посудини і утворити бар'єр, який можна було переміщати вперед і назад. Нижня грань пластинки торкалася води. По один бік бар'єра було трохи нафти, а по інший – чиста вода. Нафта не могла пройти під бар'єром, тому, коли бар'єр переміщувався, вона згущувалася на меншій площі. Внаслідок цього посилювався ефект раптового занурення об'єкта, що плавав. Переміщення бар'єру в інший бік знову відновлювало поверхню.

Тепер явище, коли час від часу речі тонуть, навряд чи можна назвати науковим проривом. Ось тут і проявився справжній геній Агнес Поккельс, яка знайшла спосіб вимірювання величини поверхневого натягу води, що змінюється під час переміщення металеві смужки. Вона змодельовала систему, де зусилля, що потрібно для зміщення смужки, урівноважується певними важками, які кладуть на чашу з іншого боку ваг.

У 1931 році Агнес Поккельс була нагороджена премією Лори Леонард (нагорода Німецького колоїдного товариства) спільно з Анрі Дево за "Кількісне дослідження властивостей поверхневих шарів і поверхневих плівок".



2. Чому вода «липка»? Змочуваність та пов'язані з нею явища

Вода має високий ступінь «зчеплення» – вона «злипається» в краплі через свої **когезійні** властивості – результат міжмолекулярного притягання молекул води одна до одної.



"Зчеплення" формує краплю води краплею. Виявляється, що природна форма краплі води виникає в "стані з найнижчою енергією" – стані, в якому молекули поверхні мають найменшу кількість енергії. Для води такий стан виникає, коли утворюється сфера або куля з ідеально круглою формою – наприклад, якби вода знаходилась у космічному просторі. На Землі дія гравітації сплющує цю ідеальну сферу, надаючи їй краплеподібної форми, яку ми бачимо. Гравітація діє як проти адгезії, так і проти зчеплення, намагаючись притягнути краплю води донизу. Адгезія та когезія "виграють битву", якщо крапля тримається на поверхні.



Адгезія – це "липкість", яку молекули води мають до інших речовин. Коли вода "прилипає" до поверхонь, кажуть, що вона змочує їх.

Залежно від того, чи змочує рідина поверхню, крапля рідини на поверхні може мати різну форму:



Якщо кут, який крапля утворює з поверхнею (його зазвичай називають кутом контакту), менший за 90° , кажуть, що рідина змочує поверхню. Якщо ж кут більший за 90° – рідина не змочує поверхню.

Змочує вода поверхню чи ні, залежить не тільки від самої рідини, а й від природи поверхні.

Змочуваність поверхні рідиною можна регулювати, залежно від компонентів, які додаються до води: вода з мийним засобом змочує, приміром,

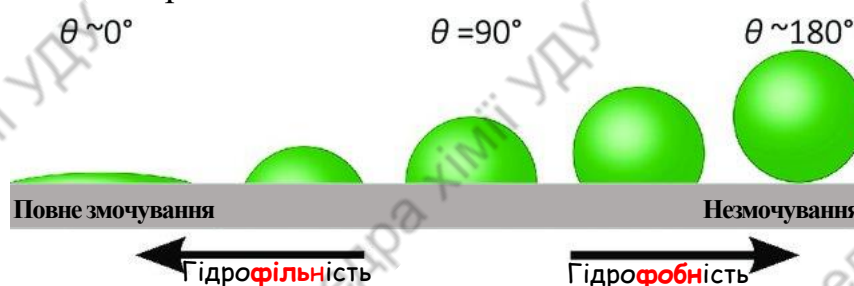
тефлонову каструлю краще, ніж одна вода, засмальцьована порцелянова тарілка менше змочується водою, ніж чиста тощо.

Під час вивчення цього явища встановили, що всі речовини, які легко змочуються водою, – глина, пісок, скло, папір тощо, – мають у своєму складі атоми Оксигену. Для пояснення природи змочування цей факт виявився ключовим: енергетично неврівноважені молекули поверхневого шару води отримують можливість утворювати додаткові водневі зв'язки зі "сторонніми" атомами Оксигену.

Адгезія і когезія – це властивості води, які впливають на кожную молекулу води на Землі, а також на взаємодію води з іншими речовинами.

Гідрофобність чи гідрофільність – як визначитись?

Якщо говорити про змочування твердої поверхні лише водою, то за кутом контакту краплі води з поверхнею можна оцінити гідрофільність або гідрофобність поверхні:



Гідрофільність визначається статичним кутом контакту з водою меншим за 90° . Гідрофільна поверхня має тенденцію поглинати або притягувати воду, іншими словами, вона більше змочується.

Природа також пропонує речовини, які сильно взаємодіють із водою, наприклад, можна згадати розчинні сполуки, такі як цукор або сіль. Властивість, що підвищує гідрофільність, оснований на електричній полярності молекул води.

Поверхня вважається гідрофобною, якщо кут контакту з водою перевищує 90° . Інтуїтивно зрозуміло, що в міру збільшення кута θ зменшується поверхня контакту між сферичною краплею і твердою поверхнею, внаслідок чого крапля ковзає поверхнею, не прилипаючи.

Ці властивості можна також виявити в промислових матеріалах, таких як пластмаси, і у високорозвинених поверхнях на основі оксидів Силіцію.

Ключова відмінність між гідрофільними і гідрофобними поверхнями полягає в тому, що гідрофільний означає водолубний, а гідрофобний означає водостійкий.

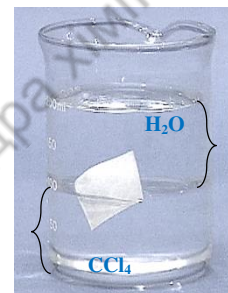
Що робить молекулу гідрофобною?

Гідрофобні молекули неполярні. Якщо вас запитують: "Якими є неполярні молекули – гідрофобними чи гідрофільними?", то відповідь буде простою. Гідрофобними є неполярні молекули, в структурі яких не виникає окремих зарядів і, відповідно, часткових позитивно та негативно заряджених полюсів. Такі гідрофобні речовини змішуються з неполярними рідинами, наприклад, з органічними розчинниками.

Різні гідрофобні речовини можна знайти як у побуті, так і в промисловості. Алкани, олії, жири, ліпідні сполуки і більшість органічних сполук гідрофобні за своєю природою. Застосування гідрофобних речовин охоплює видалення нафти з водних розчинів, боротьбу з розливами нафти і процес хімічного розділення для відділення неполярних речовин від полярних.



А це означає, що неполярні олія або жири не змішуються з полярною водою – **ці органічні речовини не можуть утворювати сумішей з водою**. Змішування рослинної олії та води не відбувається через міжмолекулярне притягання молекул води, що спричиняє ефект активного витіснення неполярних молекул олії з води. Олія є пасивним учасником процесу. Тому розмішування рослинної олії та води швидко закінчується утворенням двох розділених окремо шарів цих двох рідин. Оскільки густина олії менша за густину води, олія витискується на поверхню і утворює суцільний шар над водою. Деякі неполярні органічні рідини, які з водою не змішуються, але мають більшу густину (наприклад, тетрахлорометан CCl_4), опускаються на дно і утворюють суцільний шар під водою.



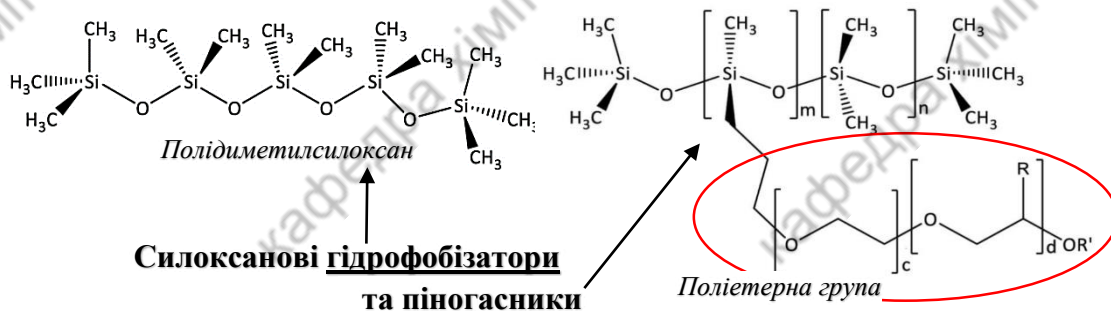
Приклади гідрофобності можна знайти як у тварин, так і в рослин. Багато рослин гідрофобні за своєю природою, що свідчить про наявність гідрофобних покриттів на поверхні листя. Основне завдання покриття – уникнути поглинання води і дощу листям, що в більшості випадків перериває потік поживних речовин. У рослин потік нітратів, приміром, ґрунтується на переміщенні води від коренів до листя. Отже, якщо поверхня листя не є гідрофобною, то цей процес буде порушений, що сильно вплине на живлення рослин.

Супергідрофобними є листки деяких рослин, зокрема лотосу. Термін "ефект лотоса" іноді використовується для позначення властивостей самоочищення, які є результатом супергідрофобності. Якщо зробити знімок листка цієї рослини за допомогою електронної мікроскопії, можна побачити,

що його поверхня досить шорстка. Крім цієї шорсткості, вона покрита ще і воскоподібним матеріалом.

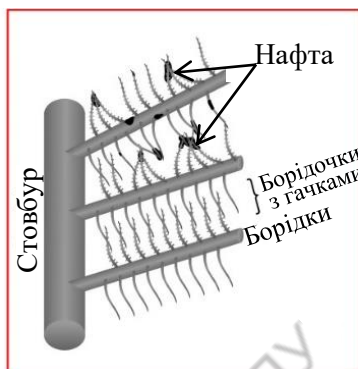
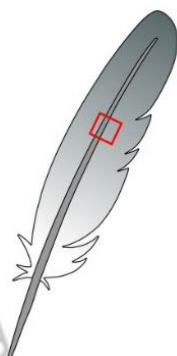


Гідрофобними синтетичними хімічними речовинами, що дають покриття, які не змочуються водою, зазвичай є флуорополімери. Наприклад, найтипівіший флуорополімер тефлон має найвищий кут контакту гладкої поверхні з краплею води – близько 120° . Однак, щоб зробити поверхню супергідрофобною, одних лише її хімічних властивостей недостатньо – вона має бути ще й шорсткою. Вимога до шорсткості робить поверхні часто недовговічними, що є найбільшою проблемою з точки зору їх використання. Супергідрофобні властивості мають також матеріали, що є полісилоксанами, полістиренами тощо.



Для птахів не менш важливим є гідрофобна природа тіл і пір'я, що запобігає проникненню води в їхні тіла і дає змогу уникнути надмірного збільшення ваги, допомагає їм плавно літати.

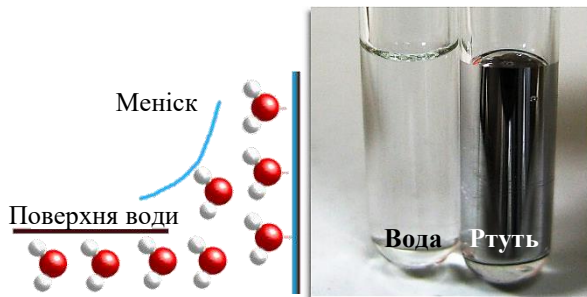
Пір'я водоплавних птахів супергідрофобне завдяки поєднанню природного гідрофобного покриття (прен-олії) і мікроструктурної топографії



пера. Саме тому птахи вразливі до забруднення нафтою.

Чому виникає меніск на контактi рідини з повітрям?

Адгезія відповiдальна за виникнення меніска – викривлення поверхні на межі контакту рідини з повітрям.



Головною причиною є досить високий поверхневий натяг води. Молекули води притягуються до атомів Оксигену, які входять до хімічної структури скла, і надають поверхні скла гiдрoфiльностi. Вода «липне», тобто змочує стінки скляної

посудини. Змочуючи скло приповерхневий прошарок молекул води підніматиметься вгору по склу настiльки далеко, поки сили зчеплення води зі склом не урівноважаться гравітаційною силою, спрямованою донизу. Дія цих двох сил веде до утворення увiгнутого меніска.

Меніск може рухатися не тільки вгору, але й вниз. Усе залежить від того, до чого більше притягуються молекули рідини: до зовнішнього матеріалу чи одна до одної. Коли структурні частинки речовини сильніше притягуються одна до одної, ніж до твердої поверхні, виникає опуклий меніск. Саме таким є меніск ртуті у скляній трубці.

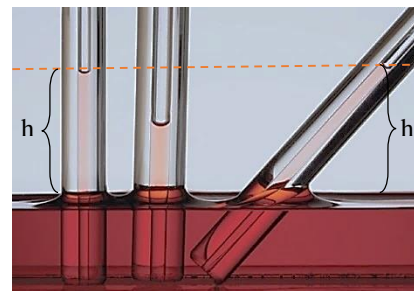


3. Чи може вода рухатись вгору і протидіяти силам земного тяжіння? Капілярні явища

Навіть якщо ви ніколи не чули про капілярну дію, вона все одно важлива у вашому житті.

Хоча гравітація домінує в поведінці води, це не єдина сила, що діє на неї. Капілярна дія є причиною того, що в певних ситуаціях вода долає гравітацію – вона описує, як вода може підніматися проти сили тяжіння у вузьких трубках або порах, зокрема, крихітних трубках паперу, рослин або порах губки.

Капілярна дія виникає тому, що вода має як сильну адгезію («прилипання») до скла, що містить полярні групи Si-OH, так і сильну міжмолекулярну когезію. «Прилипання» води до стінок скляної посудини спричиняє висхідну силу, що діє на рідину на поверхні контакту з твердим тілом з утворенням увiгнутого меніска. Поверхневий натяг утримує поверхню неушкодженою.



Коли скляний капіляр поміщають у чашку з водою, вода втягується в трубку. Висота, на яку піднімається вода, залежить від діаметра трубки і температури води, але не від кута, під яким трубка входить у воду. Що менший діаметр, то вище піднімається рідина. Максимальна висота, на яку капілярна дія підніме воду в однорідній круглій трубці (малюнок праворуч), обмежена поверхневим натягом і, звісно ж, силою тяжіння.

Капілярна дія виникає, коли адгезія до стінок сильніша, ніж сили «зчеплення» між молекулами рідини.

Рівняння для визначення висоти дії капіляра за наявності контакту води з повітрям має вигляд $h = 0,3/d$, де h – висота підйому, а d – діаметр капілярної трубки, коли обидва показники вимірюються в сантиметрах.

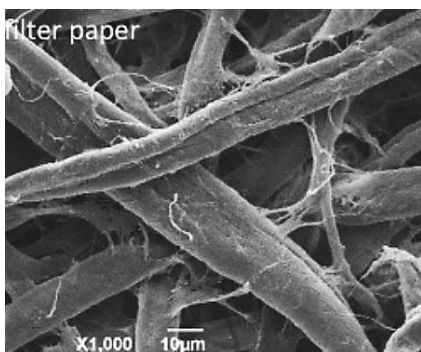
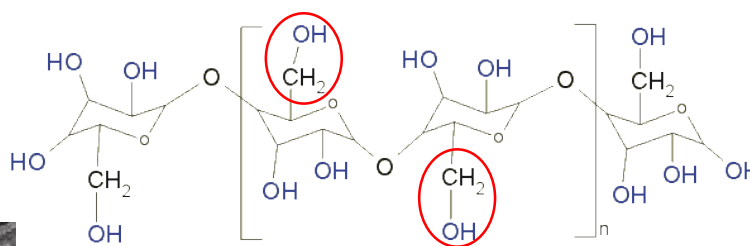


Капілярна дія оточує нас кожний день

Вода здатна «прилипати» не тільки до скла, але й до тканин, ґрунту, паперу, наприклад, до целюлозних волокон паперу. Якщо занурити, приміром, паперовий рушник у склянку з водою, вода "підніметься" ним. Фактично, вона продовжуватиме підніматися вгору доти, доки сила тяжіння не стане занадто великою, щоб подолати сили капілярного підняття рідини.

Фільтрувальний папір, який використовують в лабораторіях, є пористим і складається з целюлози, спрощена структурна формула якої представлена на рисунку. Ланцюжки целюлози побудовані з залишків молекул глюкози так, що гідроксильні бічні групи біля шостого атома Карбону на кожній другій молекулі орієнтовані в інший бік.

Принципова схема молекули целюлози

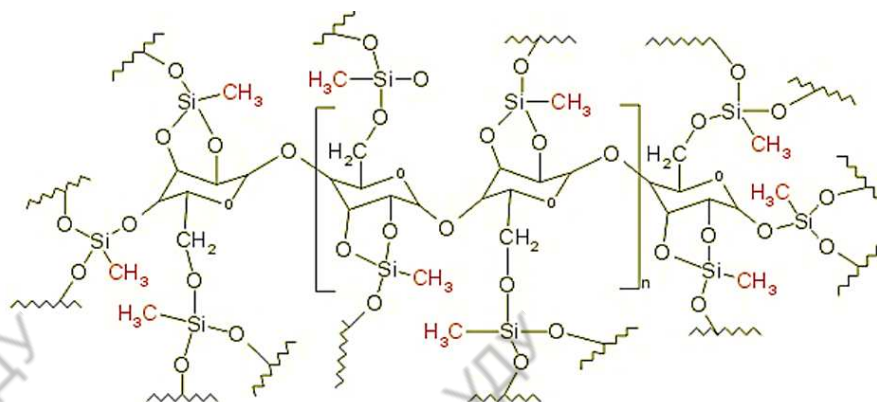


Молекули целюлози містять гідроксильні групи, які можуть утворювати водневі зв'язки і вступають у диполь-дипольну взаємодію з молекулами води. Таким чином, вода піднімається мікротрубками з гідрофільної целюлози і проходить через фільтрувальний папір.



Чи можна зробити фільтрувальний папір гідрофобним?

Супергідрофобний фільтрувальний папір можна отримати, якщо обробити фільтрувальний папір, що є у продажу, сумішшю гідрофобних наночастинок, наприклад, кремнезему і розчину полістирену в толуені. Такий фільтрувальний папір може вибірково адсорбувати олію, що плаває на поверхні води або у водних емульсіях.



З високим поверхневим натягом води пов'язана й дія капілярних сил, завдяки яким вода може підніматися на висоту до 10-12 м від рівня ґрунтових вод. Рух води через різні типи ґрунтів має вирішальне значення під час проектування конструкцій від мостів до хмарочосів, оскільки інформує інженерів про стабільність ґрунту і про те, як він може поводитися за різних умов навантаження.

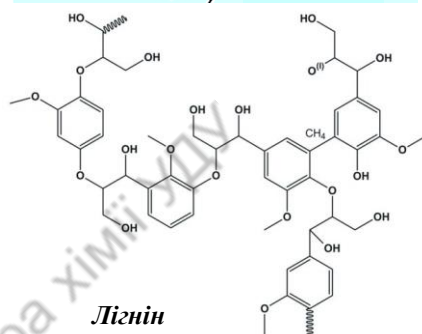
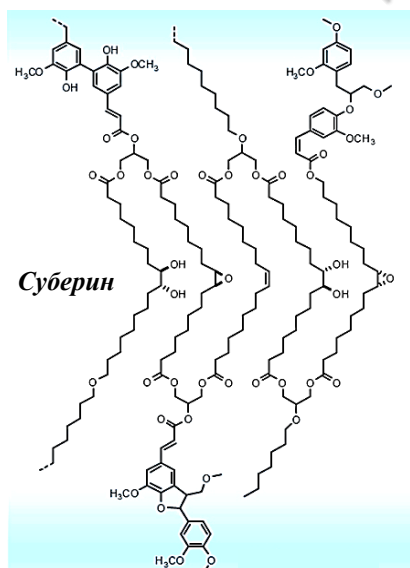
Тип ґрунту	Капілярне підняття
Піщаний	Низьке
Мулистий	Помірне
Глинистий	Високе

Капілярність використовується під час проектування систем крапельного зрошення в сільському господарстві.

Капілярна дія в природі

Рослини і дерева не могли б розвиватися без капілярної дії. Рідини та поживні речовини переносяться вгору стеблами рослин або стовбурами дерев під дією капілярів. Тканини рослин (ксилема) містять крихітні жорсткі трубочки, що складаються з целюлози, до яких вода має сильне прилипання. Цими мікротрубочками капілярна дія допомагає переносити воду вгору до листків від коріння рослини у ґрунті.

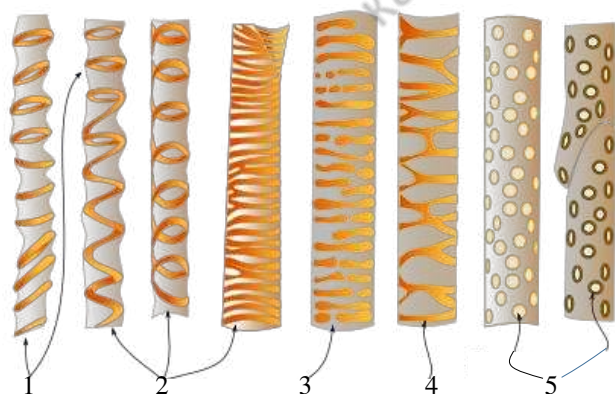
Транспорт води і розчинених речовин, який ширше визначають висхідним, або сирим соком, здійснюється циліндричними «мертвими» клітинами, що не



мають цитоплазми та обмежені тільки клітинними стінками, які утворюють крихітні капіляри. Ці клітини виконують подвійну функцію, тому вони мають бути одночасно товстими і твердими, що запобігає їх «схлопуванню», і тонкими, щоб забезпечити проходження водного розчину через стінки. Звідси й особлива конформація клітинної стінки цих клітин, яка представляє собою здерев'янілі потовщення, що чергуються з ділянками, де стінка залишилася тонкою.

При фарбуванні лігнін (скріплює целюлозні волокна, що значно збільшує міцність клітинних стінок у здерев'янілих потовщеннях) стає червоним під дією флуороглюцинової кислоти, а суберин (надає клітинній стінці гідрофобних властивостей, перешкоджає проникненню через неї води, газів і різних молекул, утворює корок) – фарбується барвником Суданом III.

Залежно від типу потовщення розрізняють різні типи судин:



1) *анулові* судини: найпримітивніші і присутні на молодих ділянках рослини, де відбувається інтенсивний ріст вдовжину;

2) *спіральні* судини: подібні до анулових і можуть сполучатися з ними, утворюючи одинарну чи подвійну спіраль;

3) *скалярні* судини: присутні в ділянках, де ріст завершено;

4) *ретиккулярні* судини: судини, які походять від скалярних;

5) *точкові* судини: судини з високим відсотком здерев'янілих стінок.

Капілярна дія може "підтягнути" воду лише на невелику відстань, після чого вона не зможе подолати силу тяжіння. Щоб вода дійшла до всіх гілок і листя, у тканині рослини діють сили адгезії, зчеплення і осмосу, переміщуючи воду до найвіддаленішого листка.

Завдяки сильним силам зчеплення поживні речовини можуть переноситися від коренів до верхівок дерев заввишки понад 50 м.



Ви можете побачити капілярну дію (хоча й повільно), провівши експеримент: помістіть нижню частину стебла селери в склянку з водою з харчовим барвником і спостерігайте за переміщенням кольору до верхнього листя селери. Це може зайняти кілька днів, але забарвлена вода "тягнеться" вгору, долаючи силу гравітації.

Капілярна дія також важлива для відтоку слізної рідини, що постійно виробляється, з ока. У внутрішньому кутку повіки розташовані дві трубки крихітного діаметру, слізні протоки; ці протоки виділяють сльози в очі.



4. Чи всі тіла тонуть у воді? Аномальна залежність густини води від температури

Непорозуміння тут полягає в тому, що ми думаємо: тіло тоне у воді, тому що сила тяжіння тягне його вниз. Але насправді, тіло тоне у воді, якщо сила тяжіння перевищує силу плавучості.

На тіло у воді діють, принаймі, дві сили: сила тяжіння тягне його вниз, а плавучість виштовхує назад угору. Коли сила плавучості перевищує силу гравітації, об'єкт плаває. І навпаки, коли сила гравітації більша, тоді об'єкт тоне. Уся справа в балансі між цими двома силами.

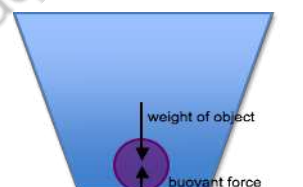
Виштовхувальна сила діє на наші тіла під час занурення у воду, змушуючи нас почуватися легше.

Коли тіло занурюється у воду, діє сила, що протидіє гравітації, і саме це змушує нас почуватися легше. Виштовхувальна сила – це висхідна сила, яка діє проти сили тяжіння.

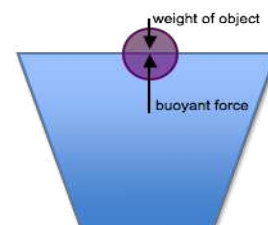
Сила плавучості змінюється залежно від співвідношення густини тіла і середовища, в яке воно занурене.

Згідно з принципом плавучості:

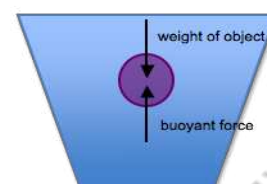
- якщо густина об'єкта менша за густина рідини, він плаватиме;



сила плавучості менша за силу гравітації



сила плавучості перевищує силу гравітації



сила плавучості врівноважена силою гравітації

– якщо густина об'єкта більша за густину рідини, він потоне.

Аномальна залежність густини води від температури

Температурна залежність густини води характеризується максимумом густини за температури 4 °С, що прийнята за одиницю (див. таблицю).

Залежність густини хімічно чистої рідкої води від температури за нормального тиску

Густина ρ , кг/м ³	Температура, °С									
	0	1	2	3	4	5	10	15	20	30
	999,87	999,93	999,97	999,99	1000	999,99	999,73	999,13	998,23	995,68

Для всіх інших рідин характерне послідовне зменшення густини в усьому інтервалі росту температури – від температури замерзання до температури кипіння.

Густина льоду менша, ніж у води у рідкому стані: за 0 °С густина льоду становить 916,7, за –20 °С лише трохи більша – 920 кг/м³. Це явище пов'язане з перебудовою молекулярної структури води.

Аномальним для води є розширення при замерзанні

Зазначені вище дві «аномалії» води мають величезне значення:

- лід через меншу густину залишається на поверхні води;
- водойми не промерзають до дна;
- вода, охолоджена до температур нижче 4 °С, має меншу густину і тому не замерзає і знаходиться у поверхневому шарі над льодом.

Чому рибки можуть вижити в замерзлих ставках усю зиму?

Співвідношення між температурою найбільшої густини (4 °С) і температурою замерзання (0 °С) впливає на характер процесу охолодження води та її вертикальної конвекції – перемішування, зумовленого різницею густини.

Влітку вода в нижніх шарах водойми холодніша, ніж у верхніх. Це пов'язано з тим, що верхній шар води нагрівається сильніше і легша вода збирається на поверхні. Вітер лише перемішує цей верхній шар. Холодніша і, отже, важча вода збирається внизу. У цій нижній області більше немає циркуляції. Виникає застій. У результаті в озері утворюються різні шари води.



Взимку ж температура падає, і в «справу вступає» водна аномалія. В озері вода з температурою < 4 °С збирається вгорі, а вода з температурою 4 °С і більше

опускається в нижні шари. Тому на дні озера тепліше, ніж на поверхні, а нагорі найхолодніше. Озеро замерзає зверху донизу. Риби та інші тварини можуть вижити в нижніх, рідких шарах.

Значення ролі води в гравітації

Вода покриває приблизно 71% поверхні Землі, що робить її важливим гравцем у коливаннях гравітаційного тяжіння в різних місцях нашої планети. Ось кілька способів, якими вода впливає на гравітацію Землі.

Розподіл маси: густина води неймовірно велика, тобто маса певного об'єму води значна. У результаті великі водойми, такі як океани і моря, роблять значний внесок у загальну масу Землі. Розподіл цієї маси по земній кулі впливає на загальне гравітаційне тяжіння, яке відчувається в різних частинах планети.

Припливні ефекти: гравітаційні сили між Місяцем, Землею і Сонцем створюють припливи в океанах Землі. Ці припливні ефекти відіграють вирішальну роль у формуванні гравітаційного поля планети. Коли припливи піднімаються й опускаються, вони чинять різний гравітаційний вплив на різні регіони, викликаючи невеликі коливання загального гравітаційного тяжіння, яке ми відчуваємо.

Гідрологічний цикл. Безперервна циркуляція води в гідрологічному циклі, що включає випаровування, конденсацію і опади, також впливає на гравітаційне тяжіння. Коли вода випаровується з поверхні, маса рідкої води зменшується і, відповідно, трохи зменшується і місцева сила гравітації. Однак під час випадання опадів маса води повертається, відновлюючи або злегка збільшуючи гравітаційне тяжіння.

5. Особливості теплових властивостей води



Питома теплоємність є ключовим моментом. Питома теплоємність показує, скільки теплової енергії необхідно для підвищення температури речовини масою 1 г на 1 градус. Питома теплоємність води 4,19 Дж/г.

Через те, що питома теплоємність води має мінімум близько 37 °С, нормальна температура людського тіла, що складається на дві третини з води,

Перша особливість:
вода – єдина речовина на Землі (крім ртуті), для якої залежність питомої теплоємності від температури має мінімум.

перебуває в діапазоні температур 36-38 °С (внутрішні органи мають вищу температуру, ніж зовнішні).

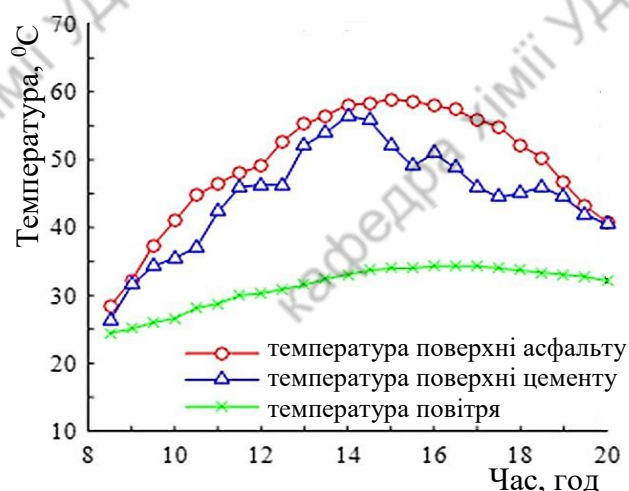
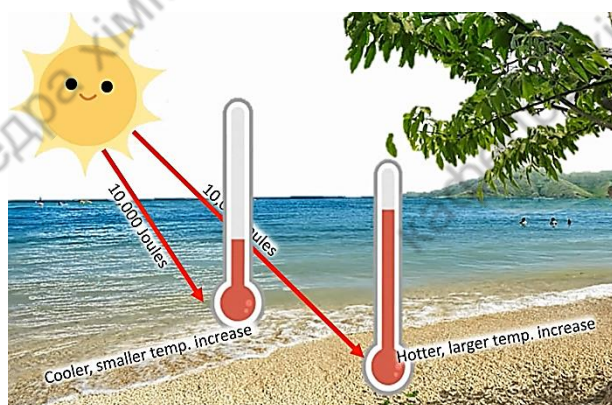
З цього випливає унікальна здатність води зберігати тепло. Переважна більшість інших речовин такої властивості не мають. Ця виняткова особливість води сприяє тому, що у людини нормальна температура тіла підтримується на одному рівні і спекотного дня, і прохолодної ночі.

Друга особливість:
теплоємність води аномально висока і найвища серед усіх твердих і рідких речовин, за винятком NH₃.

Таким чином, вода відіграє основну роль у процесах регулювання теплообміну людини і дає їй змогу підтримувати комфортний стан за мінімуму енергетичних витрат. За нормальної температури тіла людина перебуває в найбільш вигідному енергетичному стані.

Температура інших теплокровних ссавців (32-39 °С) також добре співвідноситься з температурою мінімуму питомої теплоємності води.

Чому в один і той самий день температура води, піску й асфальту настільки різні?



Висока теплоємність означає, що вода має поглинути багато енергії, перш ніж її температура зміниться. З іншого боку, пісок та асфальт мають меншу питому теплоємність. Це означає, що їхня температура змінюється швидше. Коли на них світить літнє сонце, вони швидко стають гарячими, на відміну від води, оскільки здатні поглинати до 95 % сонячної енергії. Наприклад, у ті дні, коли термометр показує 38 °С (ця температура відповідає температурі повітря, яку метеорологи зазвичай вимірюють на висоті понад метр над поверхнею) такі поверхні, як асфальт або цемент, здатні нагріватися вище 65 °С, що може спричинити опіки шкіри. Однак, вологі поверхні, такі як трава або ґрунт, поглинають менше тепла, ніж пісок, асфальт або бетон.

Чи нормальним є те, що кубики льоду плавають у склянці з крижаною водою? Така поведінка незвичайна для хімічних речовин. Майже



для кожної іншої сполуки твердий стан щільніший за рідкий; відповідно тверда речовина опуститься на дно рідини.

Той факт, що лід плаває на воді, надзвичайно важливий у світі природи, оскільки лід, що утворюється на ставках та озерах у холодних регіонах світу, діє як ізолюючий бар'єр, що захищає водне життя внизу. Якби лід був щільніший за рідку воду, лід, що утворюється на ставку, тонув би, тим самим піддаючи більше води впливу низьких температур. Таким чином, ставок зрештою замерзнув би, вбивши всі присутні форми життя.

Крім того, лід є поганим провідником тепла порівняно з водою. Передача тепла від води через лід уповільнюється. Таким чином, перетворення води на лід займає більше часу.

Третя особливість:
вода має високу питому
теплоту плавлення

Воду дуже важко заморозити, а лід – розтопити. Завдяки цьому клімат на Землі загалом досить стабільний і м'який.

Усі три особливості теплових властивостей води дають змогу людині оптимальним чином існувати в умовах сприятливого середовища.

До наступних зустрічей!