

Пароутворення і конденсація.

Знайомимося із процесом випаровування

- *Перехід речовини з рідкого стану в газоподібний називається пароутворенням.*

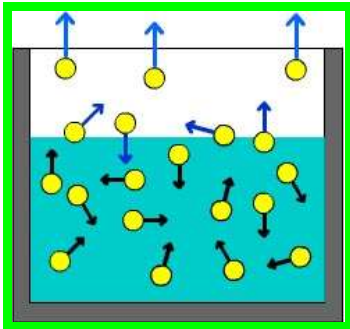
Існують два види пароутворення: випаровування й кипіння.

- **Випаровування** — це пароутворення, що відбувається з вільної поверхні рідини.

З повсякденного досвіду відомо, що рідини, перебуваючи у відкритих посудинах, випаровуються. Як пояснити це явище?

Молекули будь-якої рідини перебувають у безперервному хаотичному русі. Температура рідини зв'язана із середньою кінетичною енергією руху її частинок. Однак окремі молекули рідини можуть мати таку кінетичну енергію, що виявляться спроможною подолати сили міжмолекулярного притягання й покинути рідину. Вилітаючи назовні, ці молекули утворюють над рідиною пару. Утворення пари і є випаровуванням.

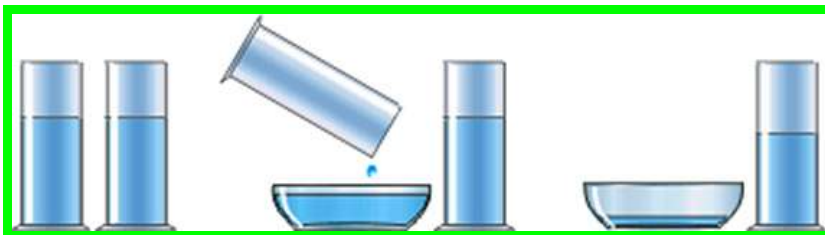
При випаровуванні рідину залишають найбільш швидкі молекули. Середня кінетична енергія молекул, що залишилися, зменшується, а рідина охолоджується.



Від чого залежить швидкість випаровування?

Розглянемо кілька дослідів, що пояснюють, від чого залежить швидкість випаровування.

Дослід 1. У дві мензурки наллємо нарівно води. Воду з лівої переллємо в тарілку. Через кілька днів виявиться, що в ній вода випарувалася повністю, а в мензурці — лише частково. Чому?

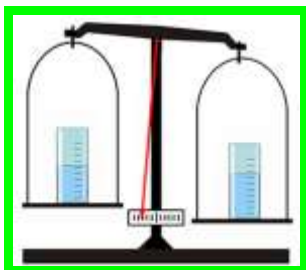


Випаровуватися можуть тільки ті молекули, які перебувають поблизу поверхні рідини (адже з інших сторін вона оточена стінками посудини). Тому

більша площа поверхні води в тарілці сприяє більшій кількості вильотів молекул. Отже, випаровування іде швидше.

- **Площа вільної поверхні** — перша причина, що впливає на швидкість пароутворення.

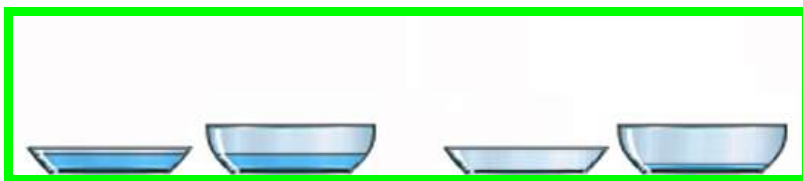
Дослід 2. Поставимо на ваги дві склянки. У ліву наллємо окропу, а в праву — стільки ж холодної води. Спочатку ваги перебуватимуть у рівновазі. Але через 5–10 хвилин вона порушиться: склянка з гарячою водою полегшає! Виходить, гаряча вода випаровується швидше за холодну.



Вилетіти з рідини можуть тільки ті частинки, кінетична енергія яких більше, ніж потенціальна енергія притягання до інших частинок. При підвищенні температури швидкість руху всіх частинок зростає, отже, зростає і їхня кінетична енергія. Виходить, більша кількість частинок може вилетіти з рідини.

- **Температура речовини** — друга причина, що впливає на швидкість пароутворення.

Дослід 3. Виберемо миску й тарілку однакових діаметрів. У кожну з них наллємо по склянці води й поставимо в спокійне місце. Через кілька днів ми побачимо, що вода з тарілки випарувалася повністю, а з миски — лише частково. Чому ж так відбулося? Адже площі вільних поверхонь води в мисці й води в тарілці однакові...



Гляньте на рисунок: краї миски сильніше піднімаються над поверхнею води, ніж краї тарілки. Тому пара над поверхнею тарілки швидше розсіюється по кімнаті за рахунок дифузії або подувів вітру. Отже, над водою в мисці насиченість (тобто густина) пари помітно більше. Її молекули, рухаючись у всіляких напрямках, будуть часто влітати назад у воду, через що випаровування з миски сповільнюється.

- **Густина пари над поверхнею, з якої відбувається пароутворення,** — третя причина, що впливає на його швидкість.

Дослід 4. Якщо в однакові склянки налити рівну кількість різних рідин: спирту, води, масла й ртуті, то по завершенні приблизно тижня можна

виявити, що спирт випарувався повністю, вода — наполовину, а масло й ртуть практично не зменшили свого об'єму.



- ***Рід речовини*** — четверта причина різної швидкості пароутворення.

Спостереження й досліди показують, що випаровуються й тверді тіла. Випаровується, наприклад лід, тому білизна висихає й на морозі. Випаровується нафталін, тому ми відчуваємо його запах. Цей процес називають **сублімацією**.

Перехід речовини з рідкого стану в газоподібний широко використовується в техніці. Наприклад, на електростанціях пара, отримана з води, пускає в хід парові турбіни. Випаровування застосовується при очищенні речовин. Воно є основою роботи холодильних установок, а також всіх процесів сушіння матеріалів. Апарат космічного корабля, що спускається, покривають спеціальною речовиною, яка швидко випаровується, щоб усунути його перегрівання від тертя при проходженні через атмосферу.

Знайомимося із процесом конденсації

Одночасно з переходом молекул з рідини в пару відбувається й зворотний процес. Безладно рухаючись над поверхнею рідини, частина молекул знову повертається в неї.

- ***Перехід речовини з газоподібного стану в рідкий називають конденсацією.***

Випаровування й конденсація завжди відбуваються одночасно, і «підсумковий результат» залежить від того, який із цих процесів триває з більшою швидкістю. Якщо «перемагає» випаровування, то рідина перетворюється в пару: висихають калюжі, мокрі речі й т. ін. Якщо ж «перемагає» конденсація, то пара перетворюється в рідину: випадає роса, сухі речі відволожуються.

Конденсація може відбуватися й тоді, коли пара не стикається з рідиною. Саме конденсацією, наприклад, пояснюється утворення хмар: молекули водяної пари, піднімаючись над поверхнею Землі, у більш холодних шарах атмосфери групуються в дрібні крапельки води, скупчення яких і являють собою хмари.



Процес конденсації води в природі ми спостерігаємо щодня. Чи то це крапельки роси на листах (водяна пара накопичується в повітрі вдень, а вранці, охолоджуючись, конденсується), чи то це туман (удень відбувається інтенсивне випаровування з поверхні водойм, а ввечері насичене водяними парами повітря внаслідок охолодження конденсується).

Кипіння як різновид пароутворення

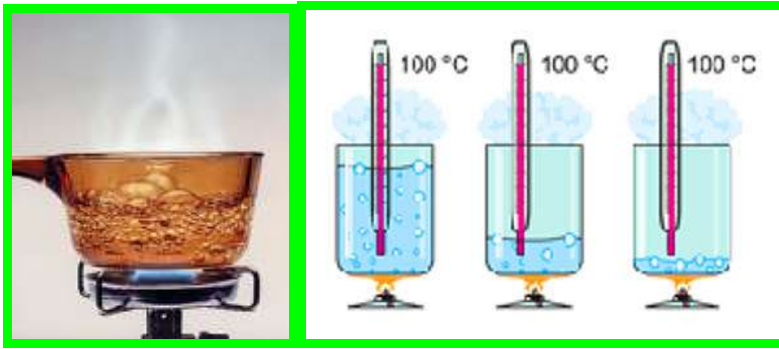
Будемо нагрівати воду у відкритій посудині, періодично вимірюючи її температуру. Через певний час ми помітимо появу у воді численних бульбашок. Бульбашки виникають завдяки тому, що у воді міститься розчинене у ній повітря. У ці бульбашки випаровується рідина. Зі збільшенням температури усередині бульбашок пари більшатиме, а отже, її тиск збільшиться. Бульбашки стають крупнішими й під дією виштовхувальної сили піднімаються до поверхні води.

Коли вся вода прогріється до температури 100°C , бульбашки, що піднялися догори, лопаються, викидаючи пару назовні. Ми говоримо, що вода закипіла.

- **Кипінням** називають процес бурхливого пароутворення, що йде по всьому об'єму рідини.

Розуміння особливостей кипіння буде більше повним при порівнянні його з випаровуванням. Учні повинні чітко представляти, що спільного між кипінням і випаровуванням й у чому полягає істотне розходження між ними. Кипіння, як і випаровування,— це пароутворення. Випаровування відбувається з поверхні рідини за будь-якої температури й будь-якого зовнішнього тиску, а кипіння — це пароутворення по всьому об'єму рідини за певної для кожної речовини температури, що залежить від зовнішнього тиску.

Досліди показують, що під час кипіння температура рідини й пара над її поверхнею однакова й залишається постійною до повного википання рідини.



Температура кипіння

Якщо атмосферний тиск не міняється, то поза залежністю від способу й швидкості нагрівання кожна рідина завжди кипить за строго певної температури. Тому температура кипіння — одна з характеристик речовини.

- Температуру, за якої рідина кипить, називають **температурою кипіння**.

Кожна речовина має свою температуру кипіння. Деякі речовини, які за звичайних умов є газами, при достатньому охолодженні перетворюються на рідину, що кипить при дуже низькій температурі. Рідкий кисень, наприклад, при атмосферному тиску кипить при температурі $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$. Речовини, які за звичайних умов перебувають у твердому стані, перетворюються при плавленні на рідину, що кипить за дуже високої температури. Наприклад, свинець кипить при $1740\text{ }^{\circ}\text{C}$, а залізо — при $2750\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура кипіння некоторых веществ, $^{\circ}\text{C}$			
Водород	-253	Молоко	100
Кислород	-183	Ртуть	357
Эфир	35	Свинец	1740
Спирт	78	Медь	2567
Вода	100	Железо	2750

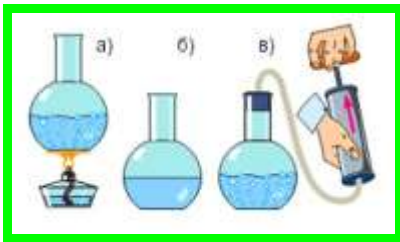
Зовнішній тиск перешкоджає росту бульбашок пари усередині рідини, тому при підвищеному тиску рідина кипить за більш високої температури, а при зменшенні цього тиску температура кипіння знижується.

Справа в тому, що бульбашки починають рости тільки тоді, коли тиск усередині бульбашки стає набагато більшим, ніж зовнішній тиск. Тобто, чим більший зовнішній тиск, тим за більш високої температури кипить рідина.

Наприклад, у каstrулях-скороварках їжу варять під тиском близько $2 \cdot 10^5$ Па. Температура кипіння води при цьому досягає $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Процес «варення» їжі у воді такої температури відбувається значно швидше, ніж у звичайному окропі.



Відкачуючи повітря з-під дзвона повітряного насоса, тобто зменшуючи тиск, можна «змусити» воду закипіти навіть за кімнатної температури. А оскільки внаслідок інтенсивного пароутворення вода охолоджується, вона, продовжуючи кипіти, може навіть почати замерзати.



Цим пояснюється той факт, що в горах вода кипить за набагато нижчої температури, ніж за нормальних умов. У високогірних місцевостях, наприклад на висоті 5–6 км (вершина Ельбрусу) атмосферний тиск становить приблизно $4,7 \cdot 10^5$ Па, тобто половину нормального атмосферного тиску. Вода кипить там при температурі 80 °С. Зварити м'ясо за цих умов неможливо.

Питома теплота пароутворення

Щоб температура рідини в процесі випаровування не зменшувалася, необхідно в процесі випаровування увесь час підводити до рідини тепло. На що ж витрачається енергія, що підводиться, якщо температура (а отже, і середня кінетична енергія молекул) не змінюється?

Вона витрачається в основному на розрив зв'язків між молекулами при перетворенні рідини на пару. Оскільки для «відривання» молекул одна від одної необхідно виконати роботу, потенціальна енергія взаємодії молекул збільшується.

Причому різні рідини однієї й тієї ж маси потребують різної кількості теплоти для перетворення їх у пару за температури кипіння. Для характеристики енергетичних витрат на випаровування рідин уводиться поняття питомої теплоти пароутворення.

- **Питомою теплотою пароутворення** називають фізичну величину, що чисельно дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати 1 кг рідини, щоб повністю перетворити її на пару за постійної температури.

Питома теплота пароутворення позначається буквою L й вимірюється в Дж/кг.

У таблиці зазначено, що питома теплота пароутворення, наприклад, у води 2,3 МДж/кг. Це означає, що для обернення на пару 1 кг води, узятій при постійній температурі, необхідно затратити 2,3 МДж теплоти.

Удельная теплота парообразования некоторых веществ, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$			
Вода	2,3	Эфир	0,4
Аммиак (жидкий)	1,4	Ртуть	0,3
Спирт	0,9	Воздух (жидкий)	0,2

Щоб знайти кількість теплоти, необхідну для перетворення на пару будь-якої маси рідини m , узятій за температури кипіння, можна скористатися формулою:

$$Q = Lm.$$

Кількість теплоти, що виділяється при конденсації пари аналогічної маси, визначається за цією ж формулою.

Рівняння теплового балансу для випаровування й конденсації

Якщо рідину спочатку потрібно нагріти до температури кипіння, а потім перетворити на пару, то загальна кількість теплоти дорівнює:

$$Q = cm\Delta t + Lm.$$

Якщо для того, щоб рідину нагріти до температури кипіння, а потім перетворити на пару, необхідно спалити деяку масу палива ($m_{\text{п}}$), то рівняння теплового балансу має вигляд:

$$Q_{\text{п}} + Q_1 + Q_2 \quad \text{або} \quad qm_{\text{п}} = cm\Delta t + Lm.$$