

РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПЕРЕДАНОЇ ТЕПЛОТИ**1. Теплота згоряння**

Реакція горіння є ланцюговою реакцією сполучення. Сполученні атомів в молекулу може супроводжуватись виділенням значної енергії у вигляді випромінювання та кінетичної енергії утворених в результаті реакції мікрочастинок. *При ланцюговій реакції на кожному етапі виділяється енергія, яка створює умови для самопідтримання реакції, при цьому на всіх послідовних етапах зростає число атомів, що вступають в реакцію (реакція розгоряється).*

Прикладом реакції горіння є реакція сполучення атома вуглецю, який входить до складу основних видів палива, (вугілля, нафта, газ, деревина, тощо) та кисню з утворенням вуглекислого газу.

Енергія атомів палива, що вступають в реакцію, змінюється на величину енергії ($\Delta \epsilon$), яка переходить у внутрішню у вигляді теплоти Q . Якщо прореагувало N частинок, то кількість теплоти виділена при згорянні:

$$Q = \Delta U = N\Delta\epsilon = \frac{m}{M} N_A \Delta\epsilon.$$

Тут $q = \frac{N_A \Delta\epsilon}{M}$ – стала, що характеризує паливо, яка називається питомою теплотою згоряння і вимірюється в Дж/кг.

На практиці питома теплота згоряння означається як відношення кількості теплоти, що виділяється при повному згорянні палива, до його маси.

Отже, *кількість теплоти, виділена при згорянні палива,*

$$Q = q m.$$

2. Теплота передана при зміні температури

За першим законом термодинаміки в частковому вигляді

$$Q = A + \Delta U.$$

Якщо знехтувати зміною об'єму тіла при зміні температури, то можна вважати $A = 0$. Це допустимо у випадку твердих та рідких тіл, температурним розширенням яких можна знехтувати. При цьому:

$$Q = \Delta U,$$

тобто кількість теплоти можна обчислити за зміною внутрішньої енергії

$$Q = \Delta U = N \Delta \bar{\varepsilon} = N (\Delta \bar{\varepsilon}_k + \Delta \bar{\varepsilon}_p).$$

Знехтувавши зміною об'єму тіла, ми нехтуємо зміною середньої відстані між його частинками, а тим самим і зміною середньої потенціальної енергії частинок, яка залежить від цієї відстані

$$\Delta \bar{\varepsilon}_p = 0.$$

Тоді

$$Q = N \Delta \bar{\varepsilon}_k.$$

Так як $N = \frac{m}{M} N_A$, то за формулою Больцмана

$$\Delta \bar{\varepsilon}_k = \frac{i}{2} k \Delta T,$$

де i – число ступенів вільності мікрочастинки (молекули),

Врешті отримаємо

$$Q = \frac{i}{2} \frac{m}{M} N_A k \Delta T = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T.$$

$c = \frac{i}{2} \frac{R}{M}$ є величиною сталою для даної речовини (її питомою теплоємністю).

На практиці питома теплоємність означається як відношення кількості теплоти переданої тілу до його маси та зміни температури.

Таким чином *кількість теплоти передана при зміні температури на ΔT тіла масою m буде:*

$$Q = cm \Delta T.$$

3. Кількість теплоти передана при фазових переходах

Фазові переходи це стрибкоподібні зміни агрегатного стану речовини. Прикладами таких переходів є перехід з твердого (кристалічного) стану в рідкий, з газоподібного стану в рідкий та ін. Стани, між якими відбувається фазовий перехід, називають фазами.

1⁰. Плавлення

Розглянемо плавлення - перехід з твердого (кристалічного) стану в рідкий при сталій температурі, що називається температурою плавлення.

Плавлення є характерним лише для тіл, атоми яких мають правильне періодичне розташування - кристалічних тіл. На відміну від кристалічних - аморфні тіла не плавляться, а розм'якшуються, поводячи себе як дуже в'язкі рідини (скло, парафін, смола). У аморфних тіл немає сталої температури переходу до рідкого стану. Цей процес не проходить стрибкоподібно, а зводиться до поступового зменшення в'язкості (збільшення текучості) із зростанням температури.

На протязі всього часу плавлення кристалічних тіл температура зберігається сталою, що свідчить про сталість середньої кінетичної енергії руху частинок тіла.

Енергія, що підводиться до речовини при плавленні йде на збільшення лише потенціальної енергії взаємодії частинок, яка змінюється внаслідок розриву зв'язків між ними в результаті руйнування кристалічної структури і переходу до структури рідини.

За законом збереження енергії кількості теплоти що поглинаються при плавленні і виділяються при кристалізації рівні.

Якщо $\Delta\varepsilon$ зміна середньої енергії однієї частинки при переході з твердого в рідкий стан, то загальна енергія (кількість теплоти) буде:

$$Q = \Delta U = N\Delta\varepsilon,$$

де $N = \frac{m}{M} N_A$.

Величина $\lambda = \frac{N_A \Delta\varepsilon}{N}$ є сталою для даної речовини, що називається питомою теплотою

плавлення і вимірюється в Дж / кг. За формулою

$$Q = \pm \lambda m$$

обчислюється *кількість теплоти передана тілу при плавленні (знак +) та віддана тілом при кристалізації (знак -)*

2⁰. Пароутворення

Перехід речовини з рідкого стану в газоподібний називається пароутворенням.

Розглянемо два види пароутворення: випаровування - пароутворення з поверхні рідини, та кипіння - пароутворення з усього її об'єму.

a) Випаровування. Вологість

З точки зору молекулярно-кінетичної теорії, **випаровування** являє собою вихід молекул з поверхні рідини в оточуючий простір. Енергія (робота) необхідна для звільнення молекули від притягання оточуючих молекул називається роботою виходу A_0 .

Отже, умовою виходу молекули є наявність у неї кінетичної енергії достатньої для виконання роботи виходу.

$$\epsilon_k \geq A_0 .$$

Відомо, що середня кінетична енергія молекул зростає з температурою

$$\bar{\epsilon}_k = \frac{i}{2} kT .$$

Це означає, що зростання температури пов'язане зі зростанням кількості молекул з високою кінетичною енергією, якої достатньо для виходу.

Тому інтенсивність (вихід маси за одиницю часу) випаровування зростає при зростанні температури рідини.

Одночасно з пароутворенням відбувається зворотний процес переходу речовини з пари в рідину - конденсація. Зрозуміло, що інтенсивність конденсації зростає з ростом густини пари над поверхнею рідини. Врешті встановлюється динамічна (рухома) рівновага - стан, при якому кількість молекул, що виходять з рідини і повертаються в неї - зрівнюються.

Пара, що знаходиться в динамічній рівновазі з рідиною, густина якої не може зростати за рахунок пароутворення при сталій температурі, називається *насиченою, або насичуючою* (простір).

Пара, що не досягла насичення є ненасиченою.

Мірою відхилення стану водяної пари в повітрі від насичення є **відносна вологість φ** , яка визначається відношенням часткового (парціального) тиску наявної водяної пари p до тиску насиченої пари p_0 при тій же температурі.

$$\varphi = \frac{p}{p_0} .$$

Вважаючи, що тиск насиченої пари наближено можна знайти за рівнянням Клапейрона-Менделєєва у вигляді

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

і матимемо ще одну формулу вологості

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Тут знаменником дробу є густина насиченої пари при даній температурі.

Чисельник дробу, тобто *густину наявної водяної пари в повітрі* часто називають *абсолютною вологістю*.

Остання формула дає, так зване *метеорологічне означення вологості*.

Помноживши дріб на 100% матимемо процентну вологість.

При зростанні температури густина насиченої пари зростає.

Тому при зниженні температури наявна пара становиться насиченою. Це супроводжується появою туману, роси, конденсату на металевих предметах.

Температура, при якій пара стає насиченою, називають точкою роси.

Зрозуміло, що пара в безпосередній близькості до рідини є насиченою.

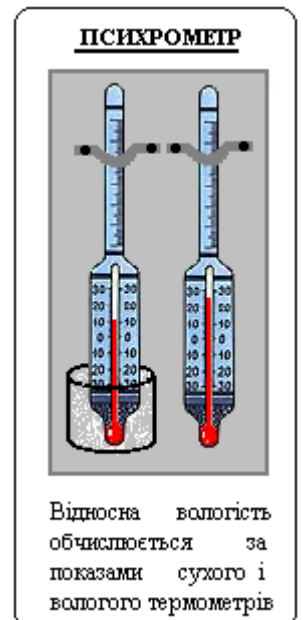
Існують таблиці які дають густина та тиск (пружність) насиченої водяної пари для різних температур.

Вимірювання вологості за допомогою *конденсаційного гігрометра* спирається саме на такі таблиці.

В цьому приладі, завдяки інтенсивному випаровуванню летучої рідини (спирту, ефіру і т.п.) з резервуара, охолоджується одна з відполірованих до дзеркального блиску його поверхонь і при деякій температурі t_k° і стає мутною, покриваючись конденсатом пари. Це означає, що при даній температурі наявна в повітрі пара стає насиченою. З таблиць знаходимо густина і тиск насиченої пари при цій температурі $\rho(t_k^{\circ})$, і, таким чином, матимемо густина наявної пари при температурі оточуючого середовища $\rho(t) = \rho(t_k^{\circ})$.

З таблиць знаходимо густина насиченої пари, яка відповідає цій температурі $\rho_m(t)$. Можемо обчислити вологість при даній температурі.

$$\varphi = \frac{\rho(t^{\circ})}{\rho_m^{\circ}(t^{\circ})}$$



В одній з конструкцій конденсаційного гігрометра, наведеній на малюнку, за допомогою гумової груші проганяється повітря через отвір, в якому знаходиться термометр. Завдяки інтенсивному випаровуванню ефіру з резервуару температура його знижується, і, при деякому значенні її, дзеркальна поверхня резервуару затуманюється, що свідчить про досягнення температури, при якій пара стає насиченою. Покази термометра дають цю температуру.

Знайти відносну вологість також можна за різницею показів сухого і вологого термометрів, що входять до складу *психрометра*. Фіксуючи покази термометрів та їх різницю, за допомогою спеціальної таблиці знаходять відносну вологість.

б) Кипіння

Найінтенсивніше пароутворення відбувається при кипінні, яке є пароутворенням із всього об'єму рідини завдяки утворенню всередині рідини бульбашок з насиченою паром, які ростуть і, досягнувши критичних розмірів, виносяться на поверхню, віддаючи пар в оточуючий простір.

В момент, що безпосередньо передуює кипінню, дно і стінки посудини вкриваються дрібненькими пухирцями. Зародками останніх служать мікроскопічні повітряні проміжки між поверхнею посудини та рідини, що існують внаслідок неповного змочування рідиною посудини.

В ці проміжки і здійснюється випаровування в початковий момент. Місця, в яких присутні домішки та різноманітні зародки бульбашок називаються *центрами кипіння*.

Зародками бульбашок всередині об'єму є флуктуації (хаотичні відхилення від середньої густини) при температурі кипіння.

Умова кипіння - це умова росту бульбашок з насиченою паром всередині рідини, тобто переважання внутрішнього тиску бульбашки над зовнішнім. Зрозуміло, що це досягається лише при певній температурі кипіння, яка збільшуватиметься при збільшенні зовнішнього тиску.

При пароутворенні кількість одержаної теплоти залежатиме від температури і зовнішнього тиску і буде прямопропорційна масі, що перейшла в пару.

Така ж кількість теплоти в зв'язку із збереженням енергії повинна виділитись при конденсації

$$Q = \pm r m,$$

де r – питома теплота пароутворення (знак плюс) та конденсації (знак мінус)

В таблицях питома теплота пароутворення дається, як правило, при температурі кипіння та нормальному атмосферному тискові.