



Молекулярна фізика

Явища переносу в газах

Явища переносу в газах

Під час руху при стиканні молекули передають одна одній енергію та імпульс, а також змінюють розподіл маси у просторі. Таким чином, молекули переносять з однієї області простору в іншу масу, імпульс і енергію.

Розрізняють **три процеси переносу**:

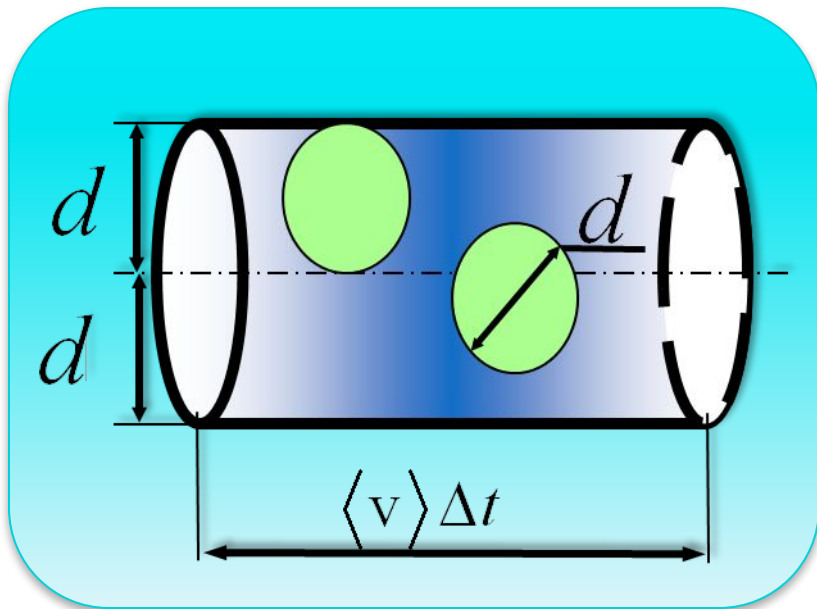
- 1. Дифузія** – перенос маси;
- 2. В'язкість** (внутрішнє тертя) – перенос імпульсу спрямованого руху;
- 3. Теплопровідність** – перенос кінетичної енергії.

Спрямований перенос маси, імпульсу і внутрішньої енергії газу пояснюється відхиленнями від максвелівського закону розподілу молекул за швидкостями.

ДОВЖИНА ВІЛЬНОГО ПРОБІГУ МОЛЕКУЛ



Довжиною вільного пробігу молекули називається відстань λ , яку молекула пролітає за час руху від одного стикання до іншого. Ці відстані можуть бути різними. Тому в кінетичній теорії вводять поняття **середньої довжини вільного пробігу молекул**. Величина $\langle \lambda \rangle$ є характеристикою усієї сукупності молекул газу за певних значень тиску та температури.

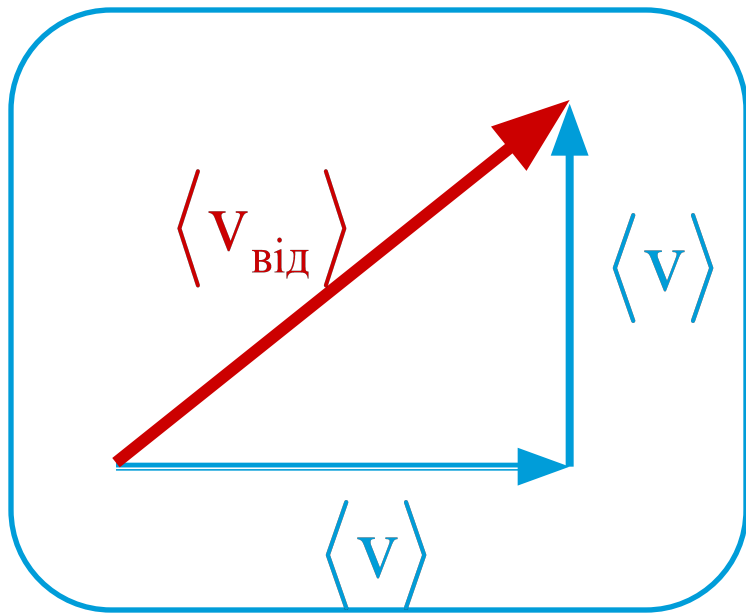


Кількість зіткнень Z молекули з іншими молекулами за час Δt

Припустимо, рухається тільки одна молекула, а інші молекули не рухаються.

Швидкість цієї молекули дорівнює середній арифметичній швидкості $\langle v \rangle$. За одиницю часу рухома молекула зіткнеться з усіма частинками, центри яких знаходяться усередині циліндра висотою $\langle v \rangle \Delta t$ і радіусом основи d . Тоді кількість зіткнень молекули з іншими молекулами за час Δt буде дорівнювати кількості молекул, центри яких знаходяться в циліндрі довжиною $\langle v \rangle \Delta t$ і діаметром $2d$.

$$Z = \pi d^2 \langle v \rangle \Delta t n$$



$$\langle v_{\text{від}} \rangle = \langle v \rangle \sqrt{2}$$

Тоді кількість зіткнень:

$$\langle Z \rangle = \sqrt{2} \cdot \pi d^2 n \langle v \rangle \Delta t$$

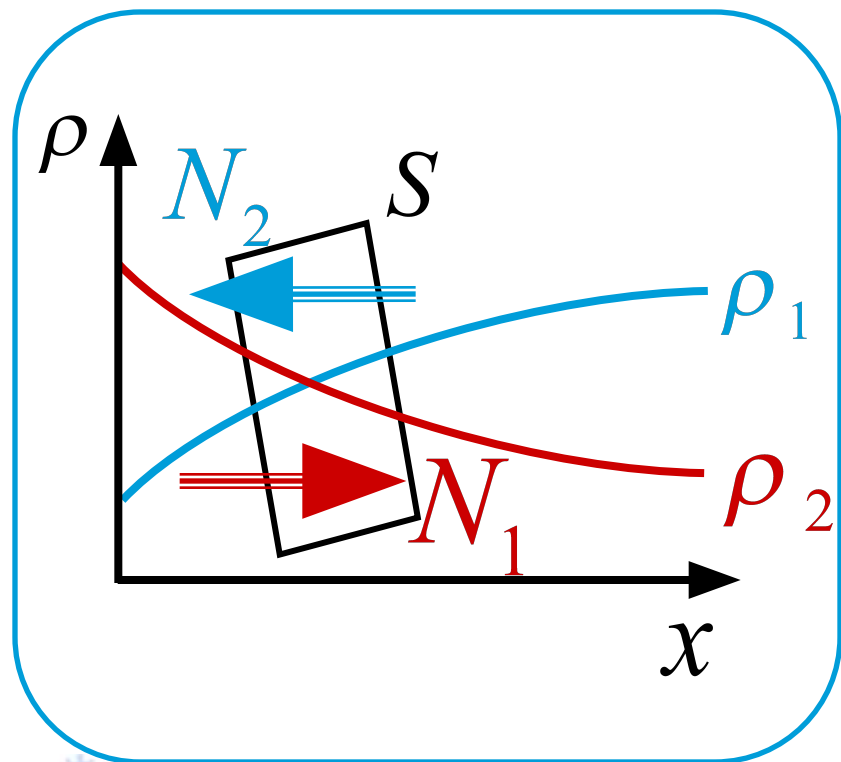
Довжина вільного пробігу молекули - це відстань, яку молекула пролітає за час руху від одного стикання до іншого, тобто

$$\langle \lambda \rangle = \frac{\langle v \rangle \Delta t}{\langle Z \rangle} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi d^2 n}$$

ДИФУЗІЯ



ДИФУЗІЯ



Дифузія – це явище самочинного взаємного проникнення та перемішування частин двох речовин, які стикаються. При сталій температурі явище дифузії полягає в переносі маси газу з областей з більшою концентрацією даного газу в області з його меншою концентрацією.

Рівняння дифузії в одновимірному випадку (закон Фіка):

$$dm = D \frac{d\rho}{dx} \cdot dS \cdot dt$$

або

$$j = D \frac{d\rho}{dx}$$

D-коефіцієнт дифузії – це маса газу, яка переноситься за одиницю часу через одиничну площадку за умови, що градієнт густини дорівнює одиниці.

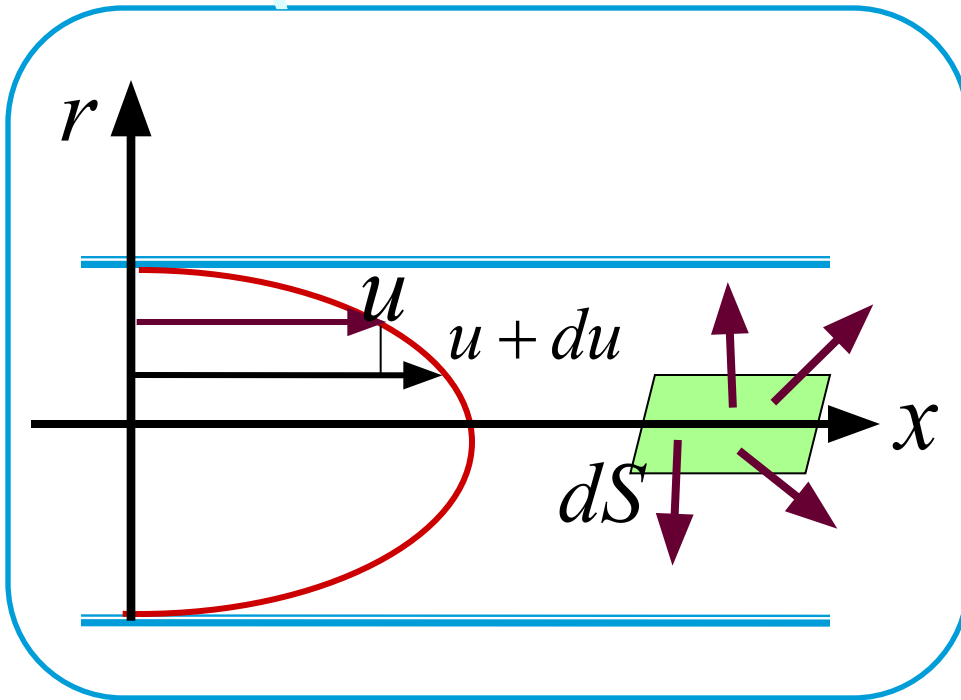
$$[D] = \frac{M^2}{c}$$

$j = \frac{dm}{dS \cdot dt}$ - **густина потоку маси** – це маса, яка переноситься за одиницю часу через одиничну площадку.

З МКТ можна отримати вираз для **коефіцієнта дифузії ідеального газу**:

$$D = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \cdot \langle v \rangle$$

В'ЯЗКІСТЬ (ВНУТРІШНЄ ТЕРТЯ)



Гальмування одних шарів газу іншими називається **внутрішнім тертям або в'язкістю**, а гальмівна сила – **силою внутрішнього тертя**.

Рівняння переносу для імпульсу спрямованого руху:

$$dp = \eta \cdot \rho \frac{du}{dr} dS \cdot dt$$

$$F = \frac{dp}{dt}$$

Закон Ньютона для внутрішнього тертя:

$$F = \eta \cdot \rho \frac{du}{dr} dS$$

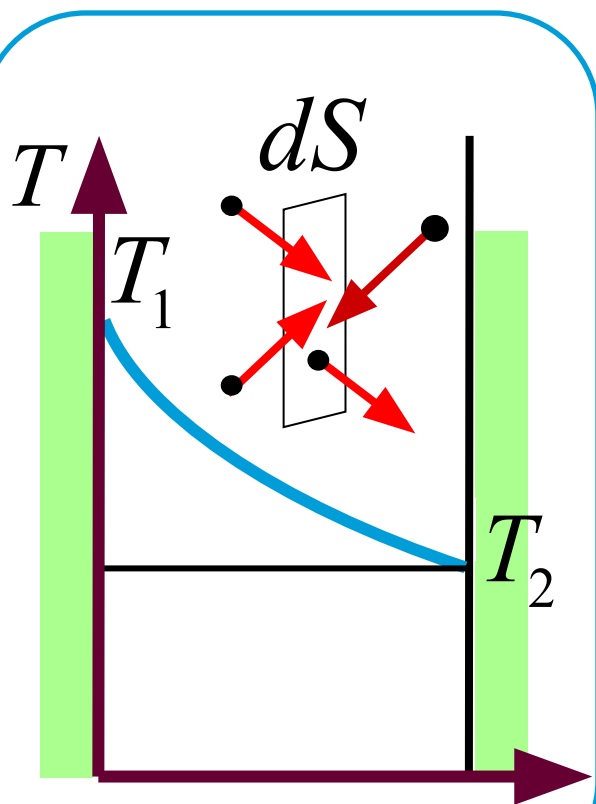
η - коефіцієнт динамічної в'язкості (коефіцієнт внутрішнього тертя). $[\eta]=1\text{Па}\cdot\text{с}$

З МКТ можна отримати для ідеального газу коефіцієнт в'язкості:

$$\eta = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \cdot \langle v \rangle \rho$$

ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

Процес передачі теплоти з однієї точки у іншу точку простору за рахунок теплового руху молекул називається теплопровідністю.



Газ знаходиться між двома стінками, з різними температурами.

Внаслідок безперервного руху молекул вони стикаються з стінками і між собою та набувають (або віддають) кінетичну енергію.

Оскільки температура пов'язана з кінетичною енергією поступального руху молекул, то між стінками поступово встановиться певний розподіл температури

Рівняння теплопровідності (рівняння Фур'є):

$$dQ = \chi \frac{dT}{dx} dS \cdot dt$$

або

$$q = \chi \frac{dT}{dx}$$

$$[\chi] = \frac{Вт}{м \cdot К}$$

$$q = \frac{dQ}{dS \cdot dt}$$

- густина потоку теплоти

χ - коефіцієнт теплопровідності.

Для ідеального газу з МКТ можна отримати коефіцієнт теплопровідності для ідеального газу:

$$\chi = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \cdot \langle v \rangle \cdot \rho \cdot C_V$$

<i>Явище</i>	<i>Фізична величина, яка переноситься</i>	<i>Основний закон явища переносу</i>	<i>Формула для коефіцієнта переносу</i>
Дифузія	Маса	$j = D \frac{d\rho}{dx}$	$D = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \cdot \langle v \rangle$
Внутрішнє тертя	Імпульс	$\frac{dp}{dS \cdot dt} = \eta \cdot \rho \frac{du}{dr}$	$\eta = \frac{1}{3} \langle \lambda \rangle \cdot \langle v \rangle \rho$
Теплопровідність	Внутрішня енергія	$q = \chi \frac{dT}{dx}$	$\chi = \frac{1}{3} \lambda \cdot \langle v \rangle \cdot \rho \cdot C_V$

ФАЗИ І АГРЕГАТНІ СТАНИ РЕЧОВИНИ

Фаза – це сукупність всіх однорідних частин системи, які мають однаковий хімічний склад, знаходяться в однаковому стані і обмежені поверхнями розподілу.

Та сама речовина залежно від зовнішніх умов температури та тиску може перебувати в одному з трьох агрегатних станів: твердому, рідкому чи газоподібному.

Температури, при яких речовина переходить з однієї фази у іншу називають **температурою переходу** (перетворення).

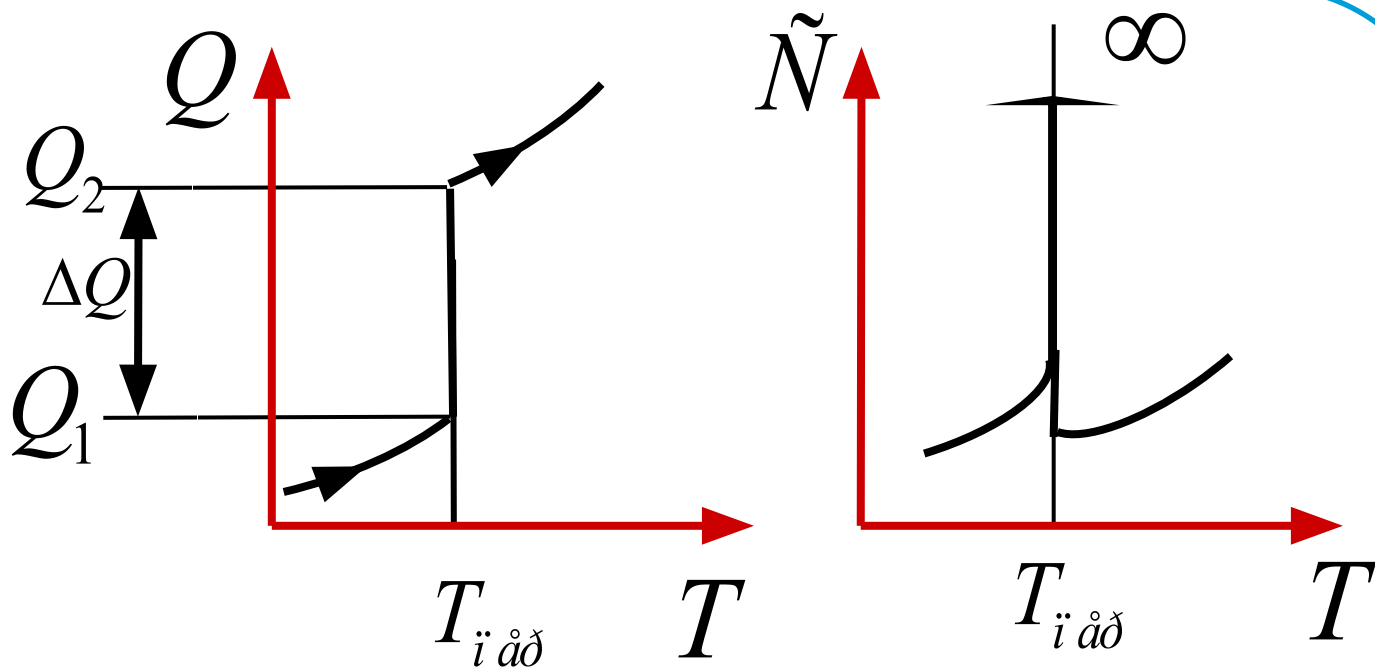
Загалом розрізняють **три температури переходу**, які залежать від тиску (перша – найменше)

- а) **температура плавлення**;
- б) **температура пароутворення**;
- в) **температура сублімації (возгонки)**.

За умови, нормального зовнішнього тиску розрізняють:

- а) **точку плавлення** при переході з твердої фази у рідку або про точку затвердіння для зворотного переходу;
- б) **точку кипіння** при переході рідини у газ (пару) або про точку зрідження (конденсації) для зворотного переходу;
- в) **точку сублімації** (возгонки) при переході тіла у газоподібний стан (в деяких випадках такий перехід можливий за нормального тиску).

Теплота фазового перетворення – це енергія, яка поглинається або вивільняється при фазовому переході. Такі переходи є **фазовими переходами першого роду**.



$$T = T_{i \ddot{a} \check{d}} = const$$

$$i \check{d} \ddot{e} T = T_{i \ddot{a} \check{d}}$$

$$V_2 - V_1 = \Delta V \neq 0$$

$$\tilde{N} = \frac{dQ}{dT} \rightarrow \infty$$

$$\Delta S \neq 0$$

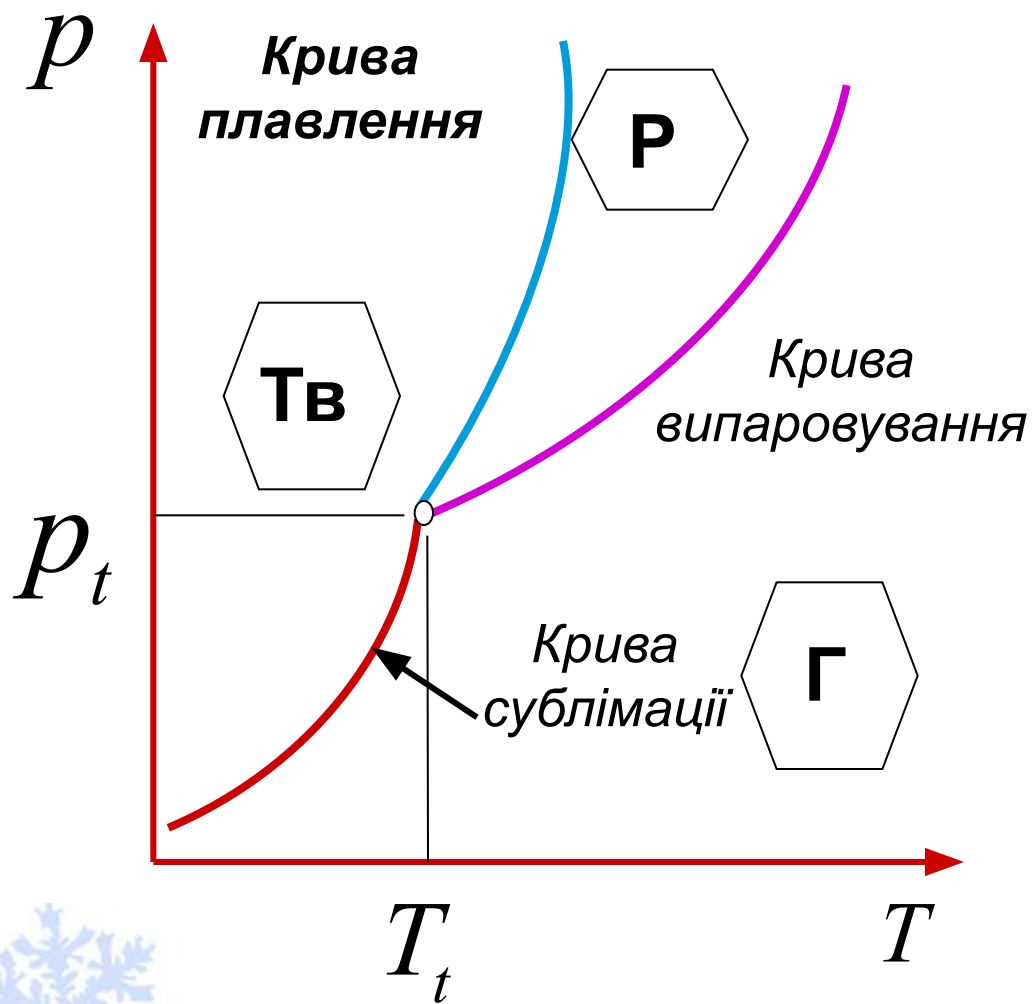
Для **фазових переходів першого роду** є **характерним** наступне:

- 1.** Температура речовини залишається сталою протягом усього переходу;
- 2.** Змінюється об'єм, тобто та сама кількість речовини у різних фазах має різний об'єм;
- 3.** Змінюється ентропія.

Перехід	Питома теплота переходу	Зміна ентропії
Пароутворення (конденсація)	$r = \frac{dQ}{dm}$	$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T_{\hat{e}i}}$
Плавлення (кристалізація)	$\lambda = \frac{dQ}{dm}$	$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T_{\hat{e}\delta}}$

Існують інші типи перетворень, які називають фазовими переходами другого, третього і т. д. роду. Так, зміна кристалічної модифікації не супроводжується поглинанням (вивільненням) теплоти. Такі перетворення називають **фазовими переходами другого роду.**

Фазові переходи другого роду супроводжуються стрибкоподібною зміною теплоємності і інших величин. Прикладом таких переходів є перехід заліза з феромагнітного стану в парамагнітний, перехід металів у надпровідний стан і т. ін.



Потрійна точка –
це точка рівноваги
трьох фаз

Діаграма стану

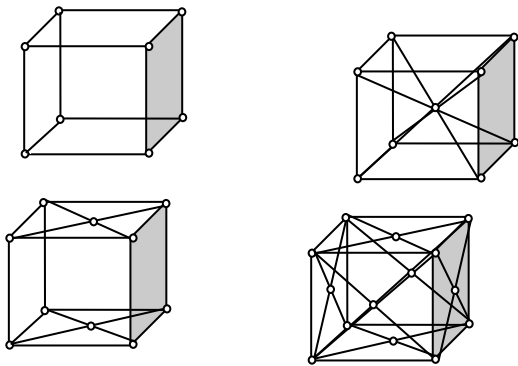
ТВЕРДІ ТІЛА

Монокристали – це окремі кристали, які періодично структуровані по всьому об'єму.

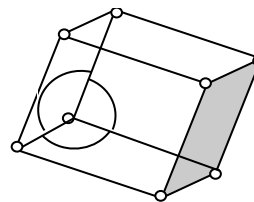
Полікристали – це конгломерати величезної кількості моно кристаликів, які зрослися між собою.

Розрізняють 7 кристалографічних сингоній.

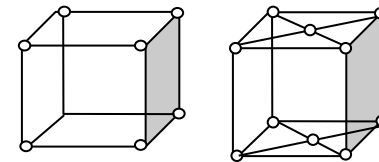
Орторомбічна



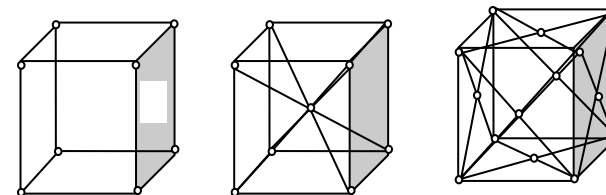
Триклинна



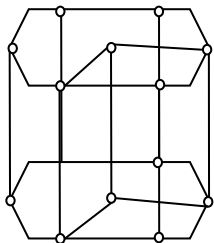
Моноклінна



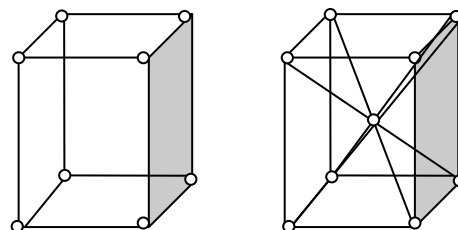
Кубічна



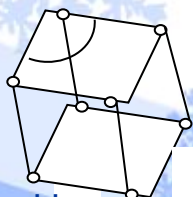
Гексагональна



Тетрагональна



Ромбоедрична



Елементарні комірки

7 сингоній

Дати коротку відповідь на нижченаведені питання

- 1 Дифузія це: а) перенос імпульсу; б) перенос маси; в) перенос кінетичної енергії
- 2 Теплопровідність це: а) перенос маси; б) перенос кінетичної енергії;
в) перенос імпульсу
- 3 Закон Фіка це: а) рівняння дифузії; б) рівняння теплопровідності;
в) рівняння в'язкості.
- 4 Рівняння теплопровідності це: а) закон Фіка; б) рівняння Фур'є ;
в) закон Ньютона
- 5 Для фазових переходів першого чи другого роду є характерним вивільнення (поглинання) теплоти при переході?
- 6 До якого типу фазових переходів відносять перехід металів у надпровідний стан?
- 7 Анізотропія – це властивість а) моно- чи б) полікристалів?
- 8 Чи є зміна кристалічної модифікації зміною агрегатного стану?