

# Лекція № 5

## РЕАЛЬНІ ГАЗИ. РІДИНИ. ТВЕРДІ ТІЛА

1. Сили та потенціальна енергія міжмолекулярної взаємодії
2. Агрегатні стани речовини
3. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса
4. Метастабільні стани
5. Насичена та ненасичена пара. Вологість повітря
6. Поверхневий натяг, капілярні явища
7. Властивості кристалів, будова їх кристалічних решіток
8. Дефекти кристалічних решіток
9. Рідкі кристали. Аморфні речовини. Будова полімерів
10. Уявлення про старіння та довговічність матеріалів
11. Фази та фазові перетворення

# 1. Сили та потенціальна енергія міжмолекулярної взаємодії.

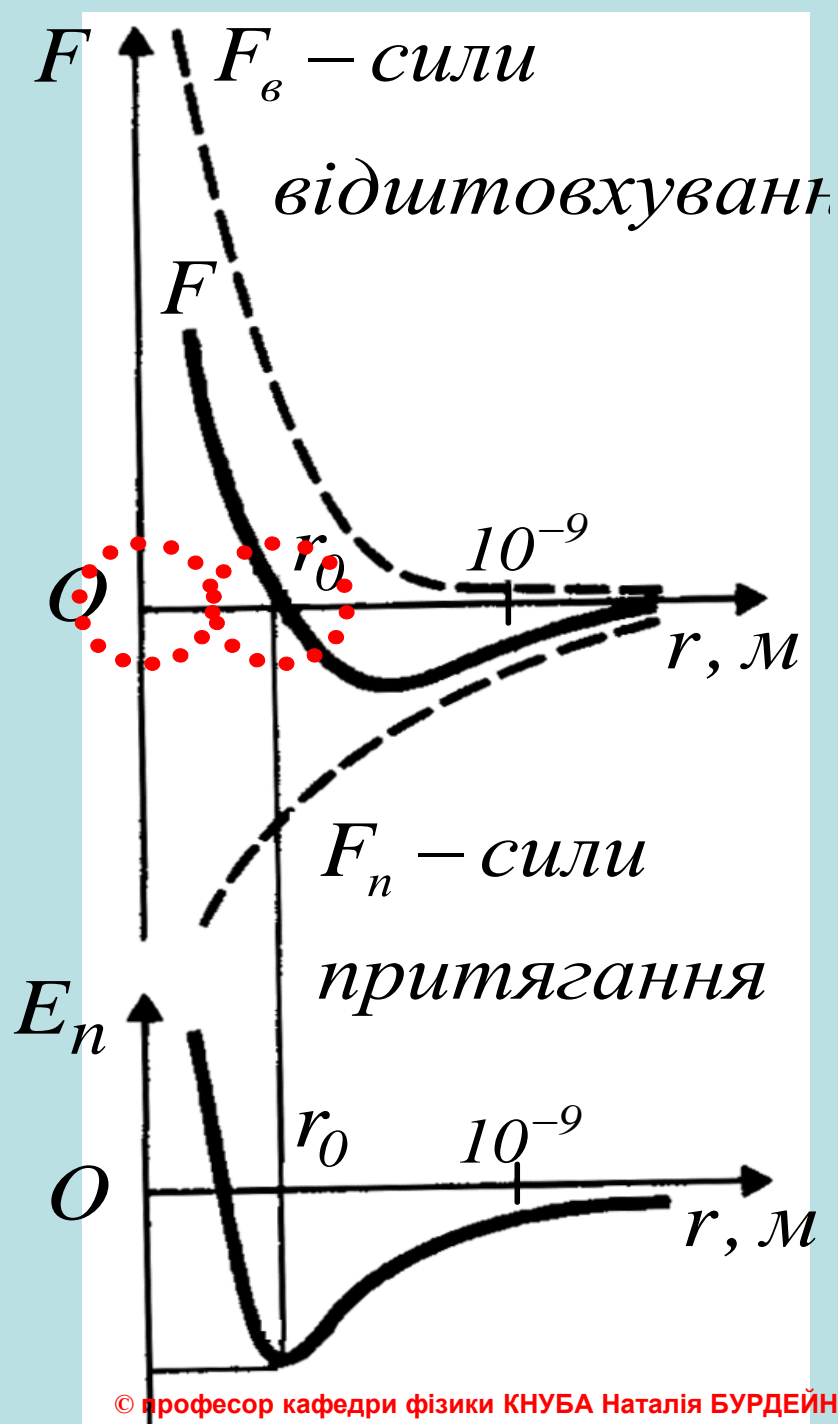
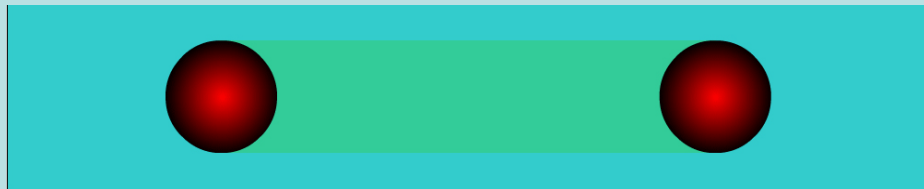
Властивості реальних газів, рідин та твердих тіл залежать від взаємодії молекул. Сили міжмолекулярної взаємодії проявляються на відстані  $\leq 10^{-9}\text{м}$  і швидко зменшуються при збільшенні відстані між молекулами. Такі сили – короткодійчі (тобто їх дія поширюється на невеликі відстані).

Між молекулами одночасно діють сили притягання і сили відштовхування.

На відстані  $r=r_0$  результуюча сила взаємодії між молекулами  $F=0$ .

Відстань  $r_0$  відповідає рівноважній відстані між молекулами, на якій би вони знаходились за відсутності теплового руху.

При  $r < r_0$  переважають сили відштовхування ( $F > 0$ ), при  $r > r_0$  – сили притягання ( $F < 0$ ).

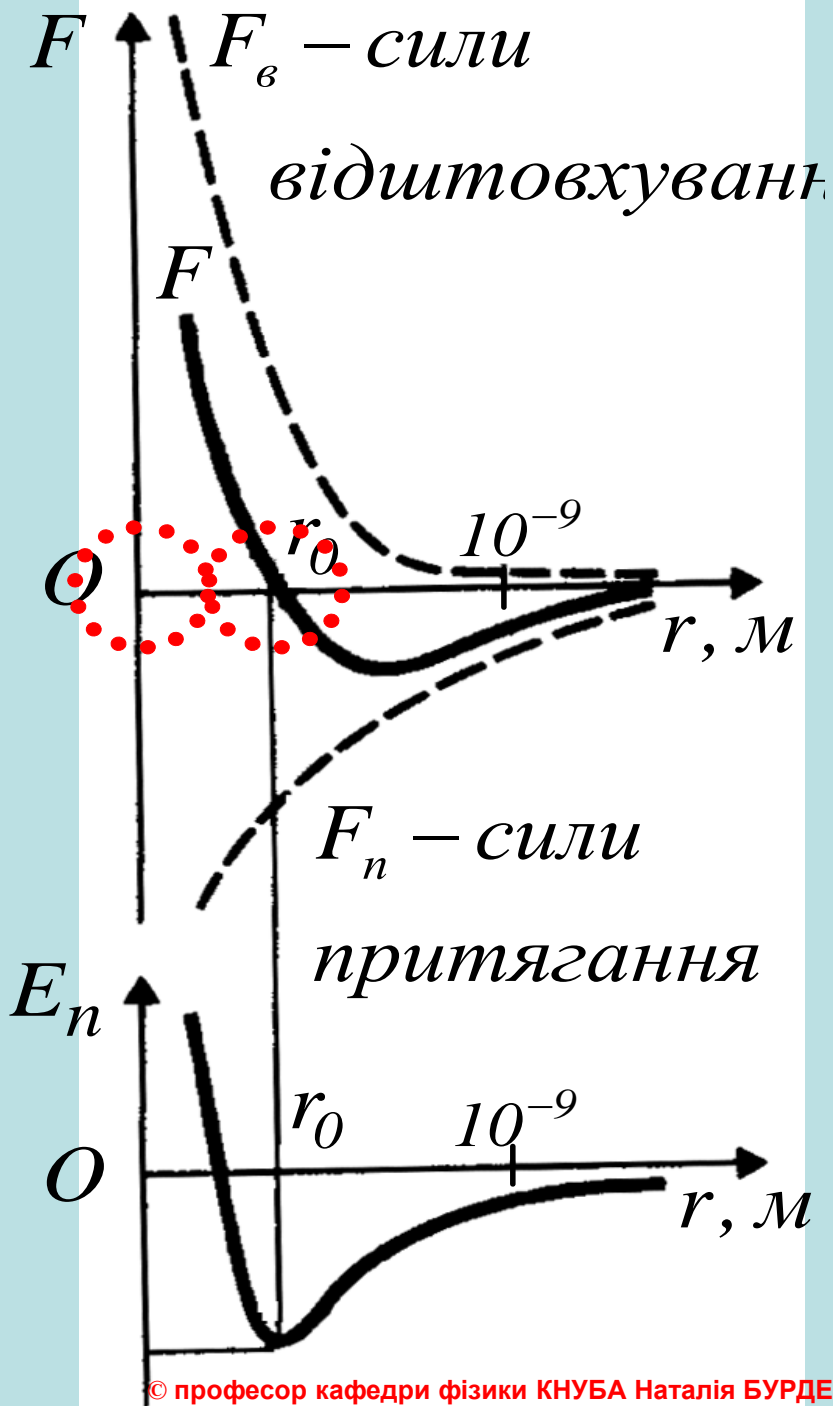


Елементарна робота  $dA$  сили  $F$  при збільшенні відстані між молекулами на  $dr$  виконується за рахунок зменшення взаємної потенціальної енергії молекул:

$$dA = \left( \vec{F} \cdot d\vec{r} \right) = -dE_n.$$

Якщо відстані між молекулами дуже великі  $r \rightarrow \infty$ , тобто міжмолекулярні сили не діють, то потенціальна енергія взаємодії молекул  $E_{\text{п}} = 0$ .

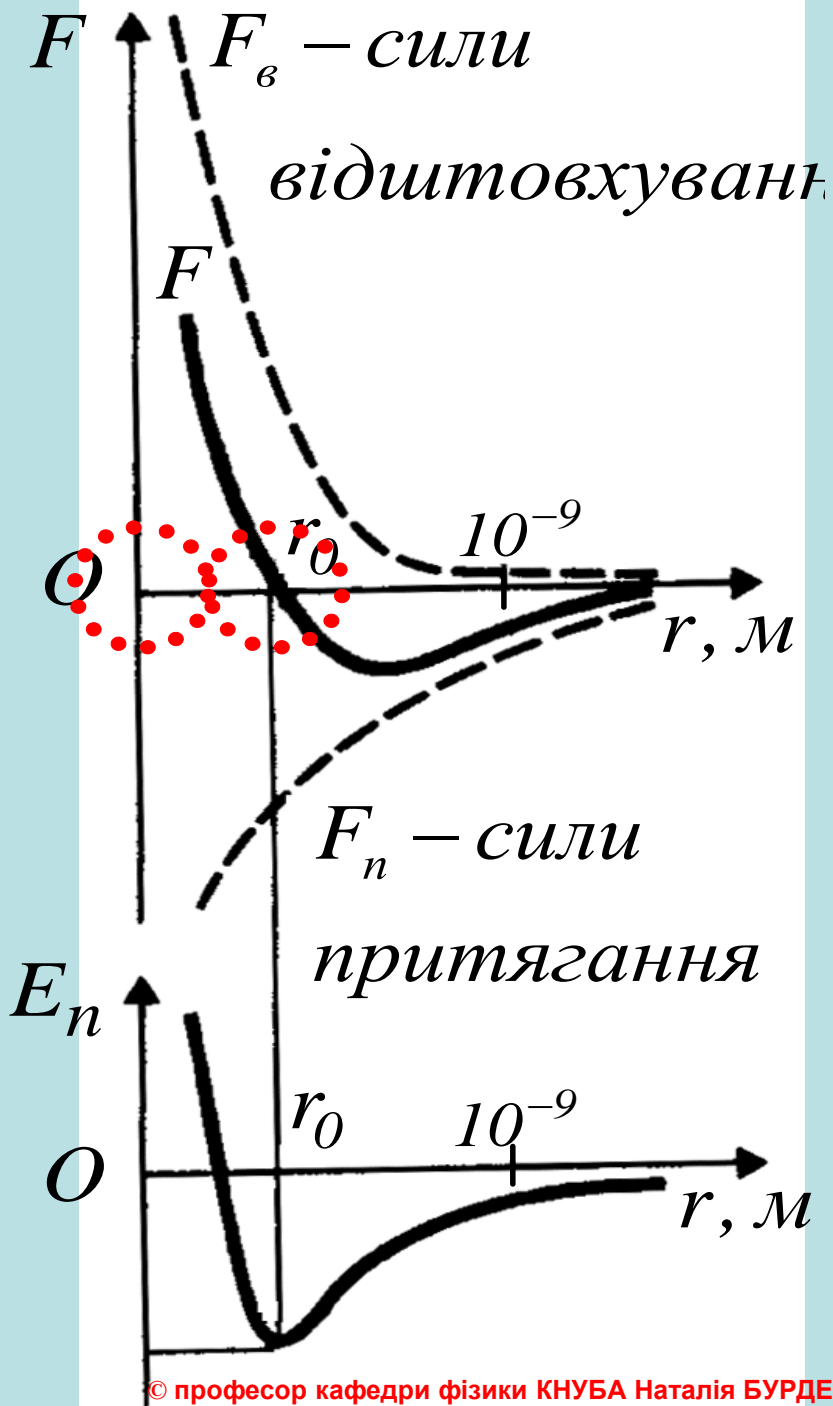
При зближенні молекул  $r \rightarrow r_0$  появляються сили притягання, які виконують додатну роботу  $dA > 0$ . Потенціальна енергія взаємодії зменшується, досягаючи мінімуму  $E_{\text{п}} = E_{\text{пmin}}$  при  $r = r_0$ .



Якщо відстань між молекулами  $r < r_0$ , то із зменшенням  $r$  сили відштовхування ( $F > 0$ ) різко зростають і робота, яка виконується проти цих сил, стає від'ємною  $dA < 0$ .

Потенціальна енергія також різко зростає і стає додатною  $E_{\text{п}} > 0$ .

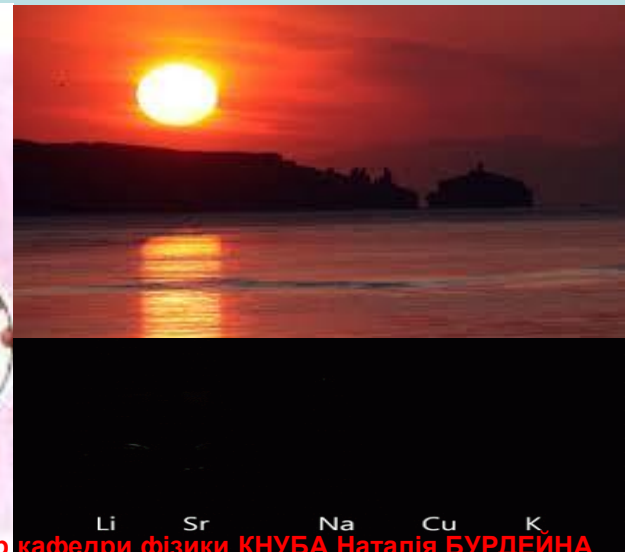
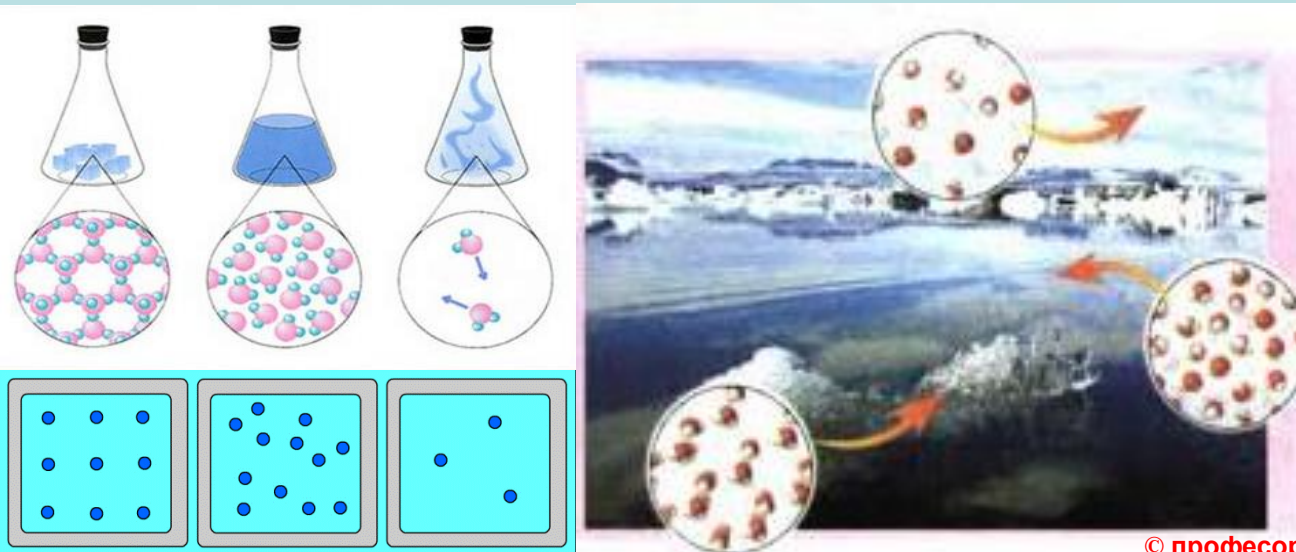
Отже, система із двох молекул, що взаємодіють між собою, у стані стійкої рівноваги  $r = r_0$  характеризується мінімальною потенціальною енергією.



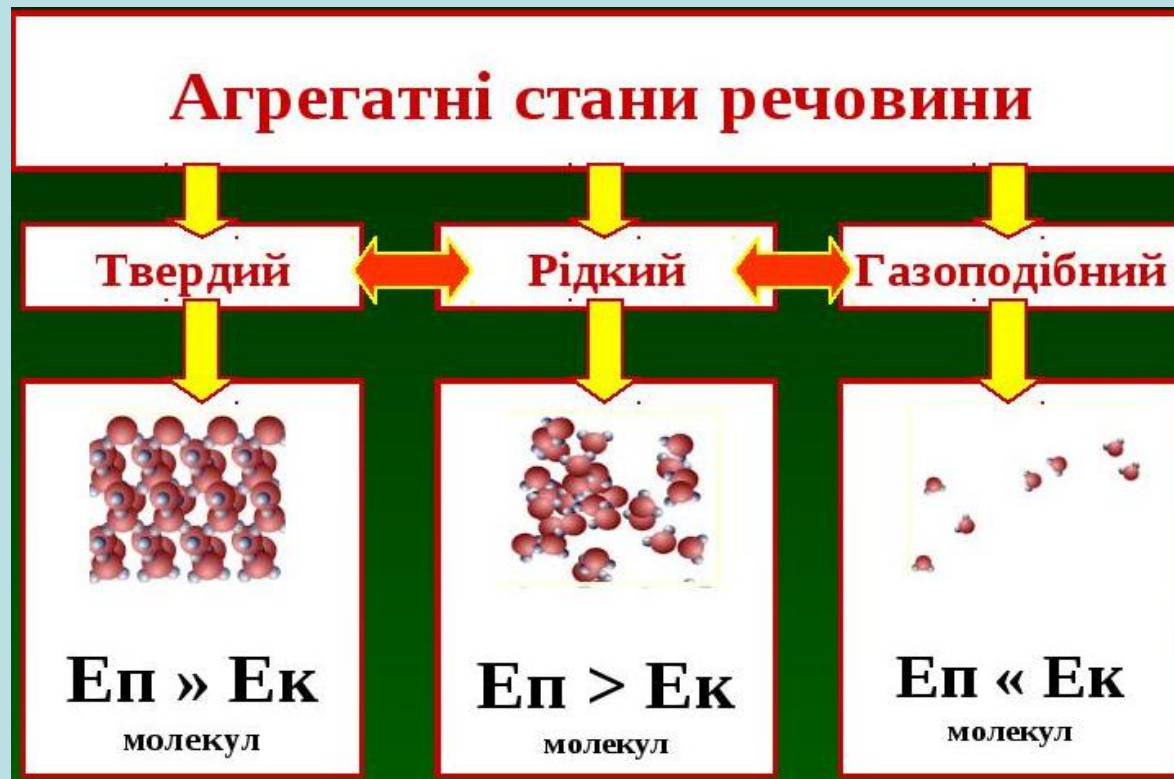
## 2. Агрегатні стани речовини.

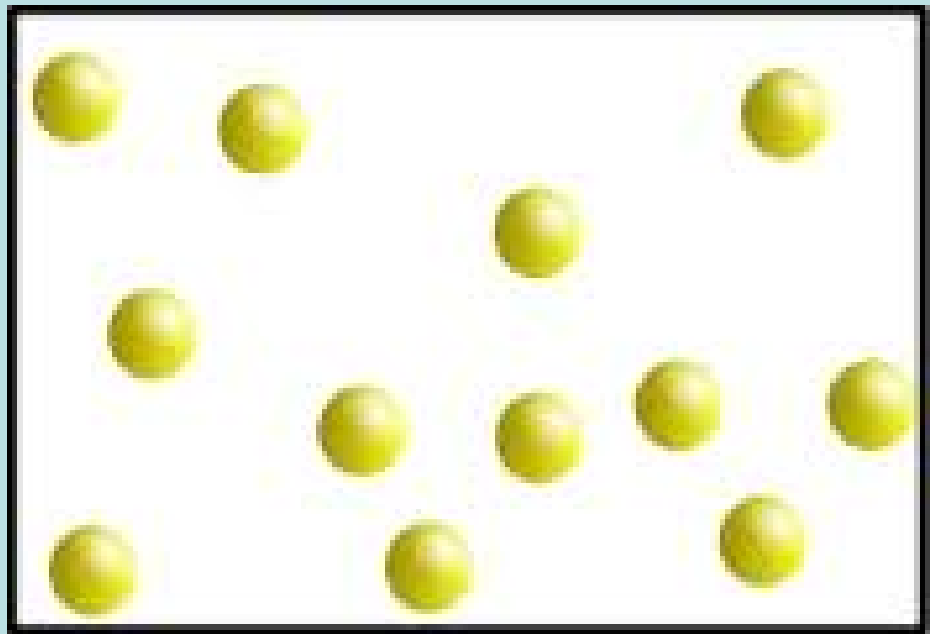
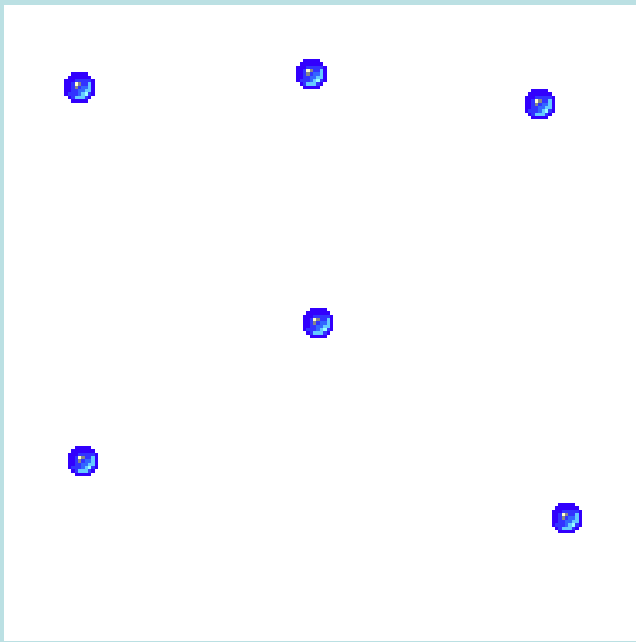
В залежності від характеру руху молекул, взаємодії між молекулами та відстані між ними розрізняють три агрегатних стани речовини:

- 1) твердий,
- 2) рідкий,
- 3) газоподібний,
- 4) плазму (сильно іонізований газ при високих температурах).



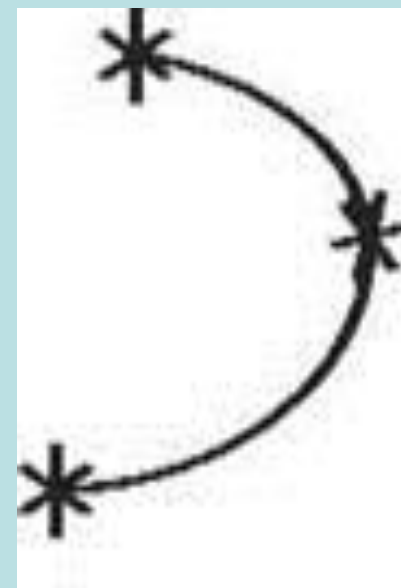
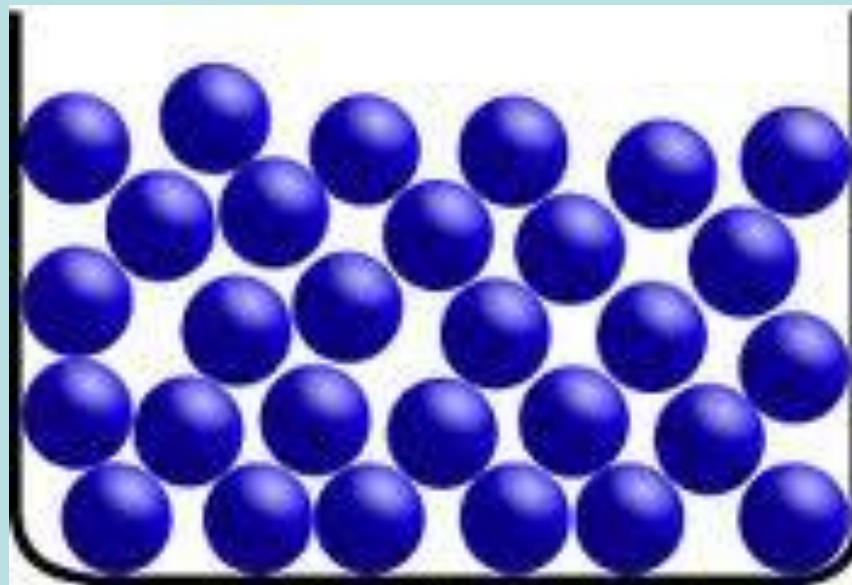
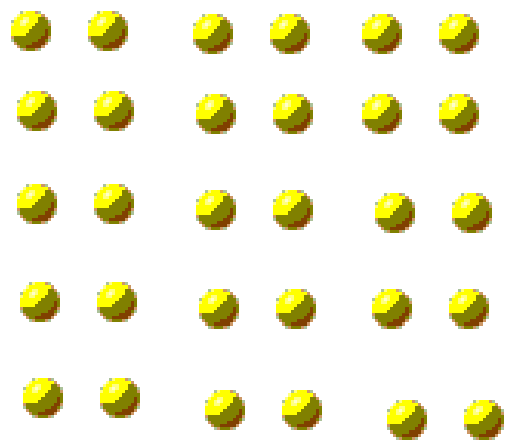
**Основним критерієм різних агрегатних станів є співвідношення між мінімальною потенціальною енергією взаємодії молекул  $E_{\text{Пmin}}$  і сумою середніх енергій, що припадають на одну ступінь свободи теплового руху двох молекул  $kT$  ( $2 \cdot (kT/2) = kT$ ).**





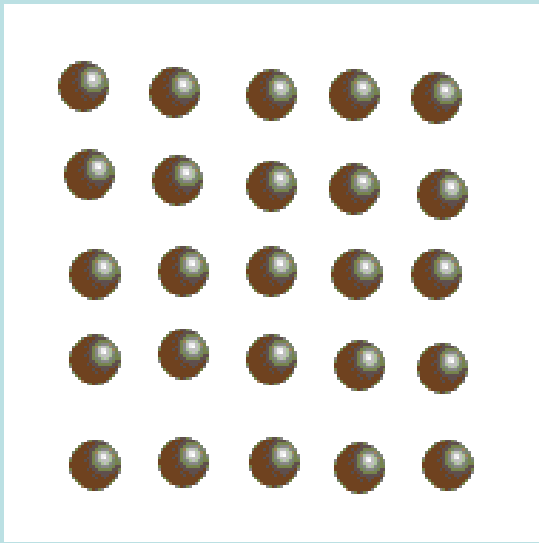
Якщо  $E_{\text{Пmin}} \ll kT$ , речовина знаходиться у газоподібному стані, тобто тепловий рух молекул перешкоджає з'єднанню (конденсації) молекул.

Для газів характерні великі міжмолекулярні відстані, малі сили притягання, тому гази можуть необмежено розширюватись. Молекули газу хаотично рухаються, співударяються одна з одною і зі стінками посудини.



Якщо  $E_{\text{Пmin}} \approx kT$  речовина знаходиться у *рідкому стані*, тобто в результаті теплового руху молекули переміщуються у просторі, обмінюються місцями, але не розходяться на відстані більші за  $r_0$ .

У рідинах молекули розміщені тісно і коливаються навколо положення рівноваги, а також перескакують з одного рівноважного положення в інше (ближній порядок).

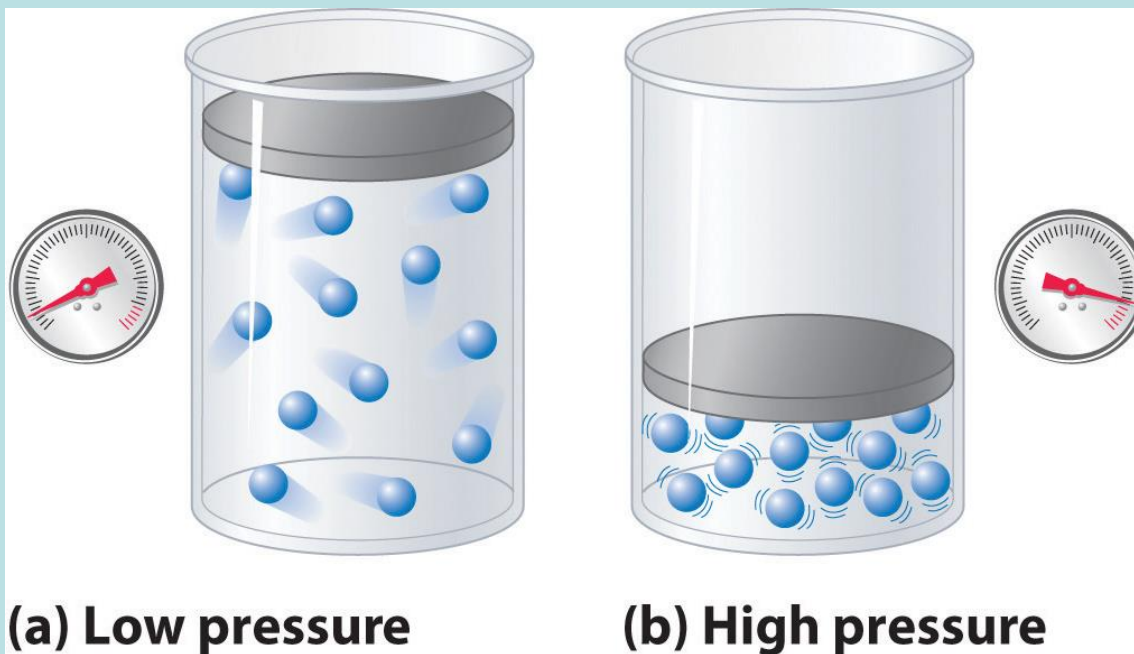


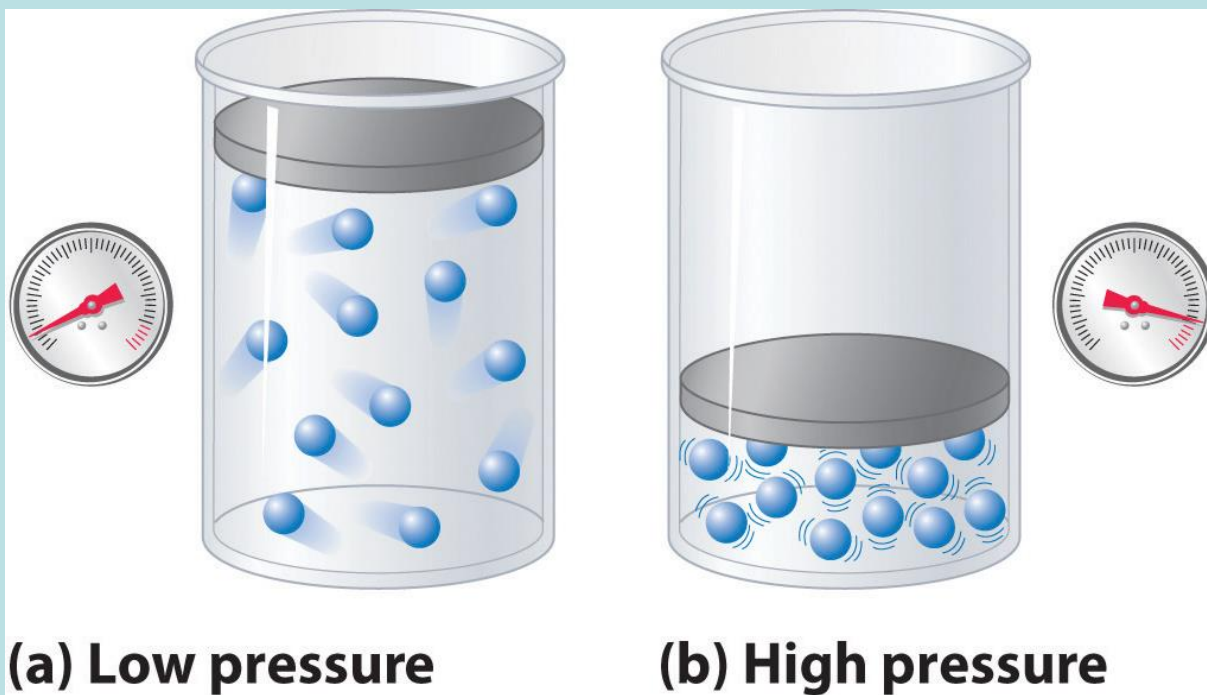
Якщо  $E_{\text{Пmin}} \gg kT$  речовина знаходиться у *твердому стані*, оскільки теплової енергії недостатньо для того, щоб “роз’єднати” (“відірвати”) молекули одна від одної.

У твердих тілах сили взаємодії кожної молекули із сусідніми настільки великі, що молекула здійснює малі коливання навколо деякого сталого положення рівноваги – вузла кристалічної ґратки – дальній порядок.

### 3. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса.

Власний об'єм усіх молекул в  $1 \text{ см}^3$  за нормальних умов  $\sim 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3$ , займає  $\sim 0,0001$  від об'єму, зайнятого газом, а при тиску  $500 \text{ МПа}$  об'єм молекул становить уже половину всього об'єму газу.





**(a) Low pressure**

**(b) High pressure**

Виводячи рівняння стану ідеального газу, нехтують розмірами молекул та їх взаємодією, тому рівняння Менделєєва-Клапейрона  $pV_{\mu}=RT$  (для моля газу), яке описує стан ідеального газу, для реальних газів є непридатним. Воно дає змогу описувати поведінку розріджених газів лише при достатньо високих температурах і низьких тисках.

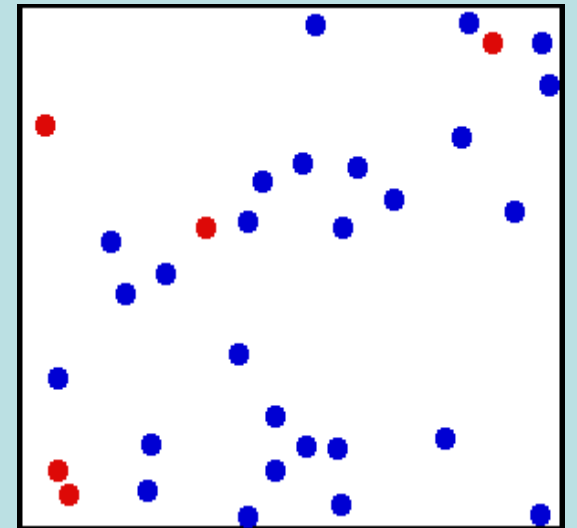
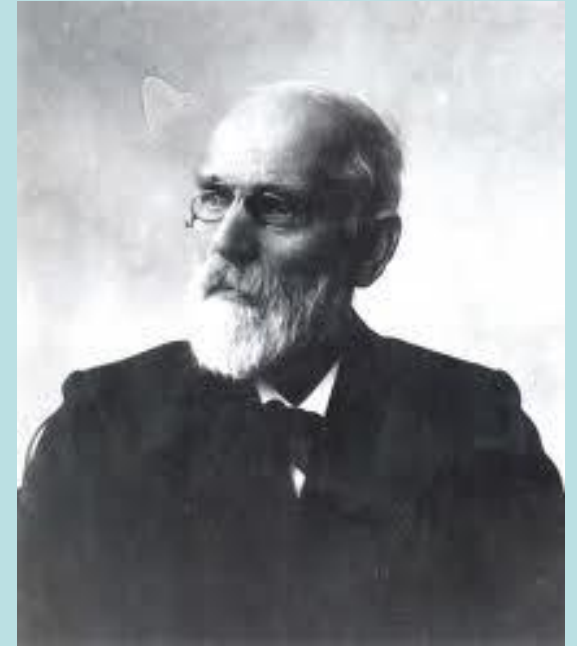
# Ян Дідерік Ван-дер-Ваальс

Відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу одним із перших проаналізував нідерл. фізик Ян Дідерік Ван-дер-Ваальс (1873 рік).

Він врахував вплив молекулярних сил і вніс поправки до рівняння стану ідеального газу.

Фактично вільний об'єм, в якому можуть рухатись молекули реального газу, буде не  $V_{\mu}$ , а  $V_{\mu} - b$ , де  $b$  – об'єм, що займають самі молекули реального газу.

Дія сил притягання між молекулами реального газу приводить до появи додаткового тиску на газ, що називають внутрішнім тиском  $p' = a/V_{\mu}^2$ .



Якщо в рівняння Клапейрона-Менделєєва ввести поправки на власний об'єм молекул  $b$  і взаємодію між молекулами  $p' = a/V'_\mu$ , то рівняння стану для 1 моля реальних газів називають *рівнянням Ван-дер-Ваальса*:

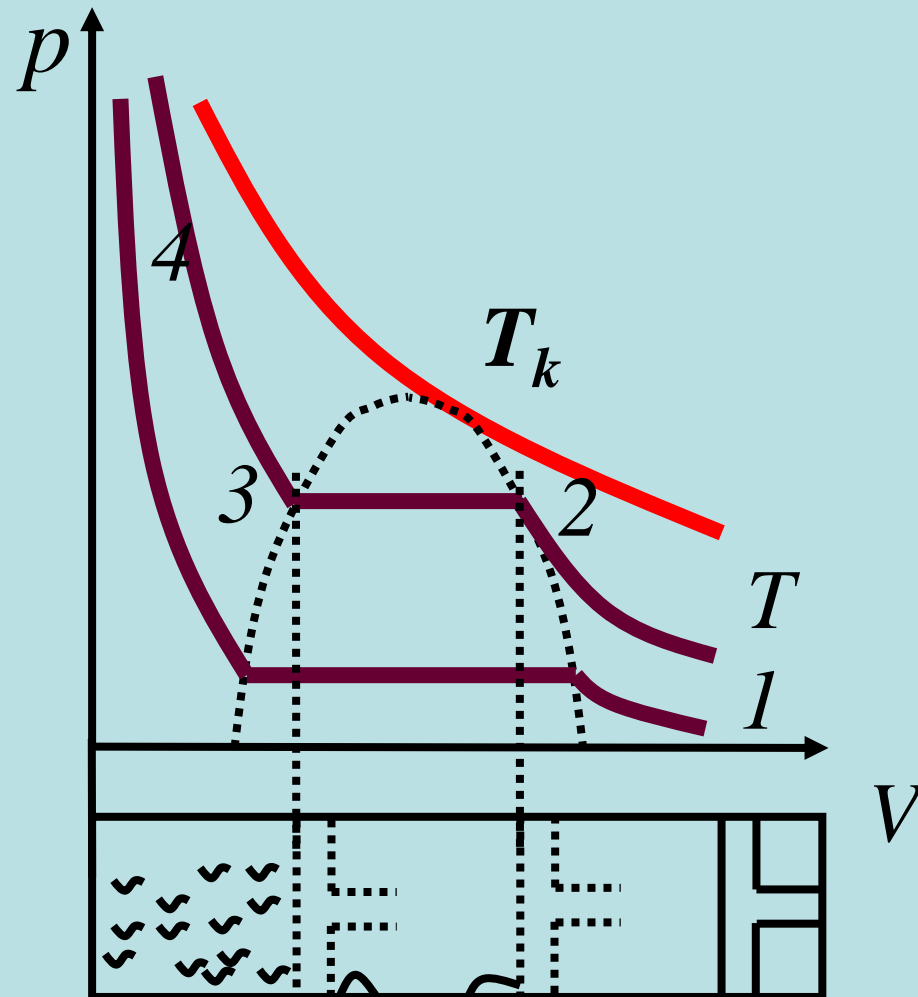
$$\left( p + \frac{a}{V_\mu^2} \right) (V_\mu - b) = RT$$

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \frac{m^2}{\mu^2} \right) \left( V - b \frac{m}{\mu} \right) = \frac{m}{\mu} RT$$

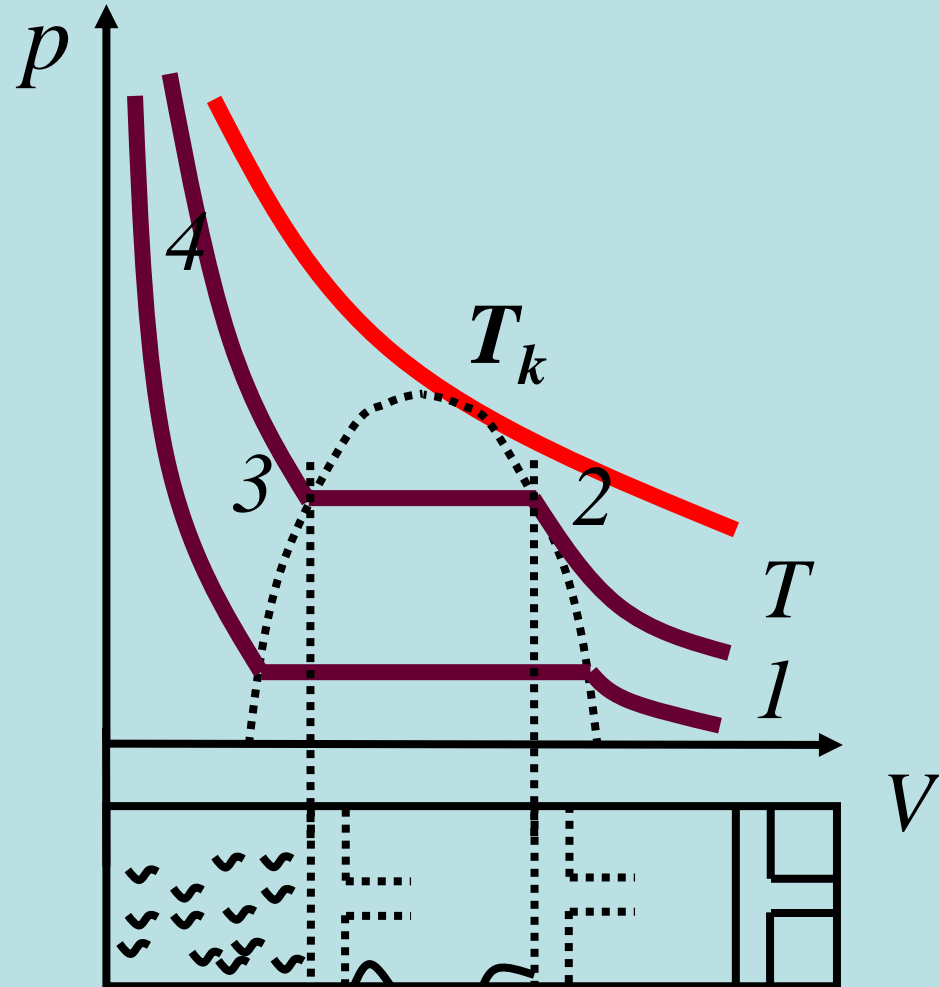
де  $a$  – поправка на взаємодію між молекулами,  
 $b$  – поправка на власний об'єм молекул.

## 4. Метастабільні стани

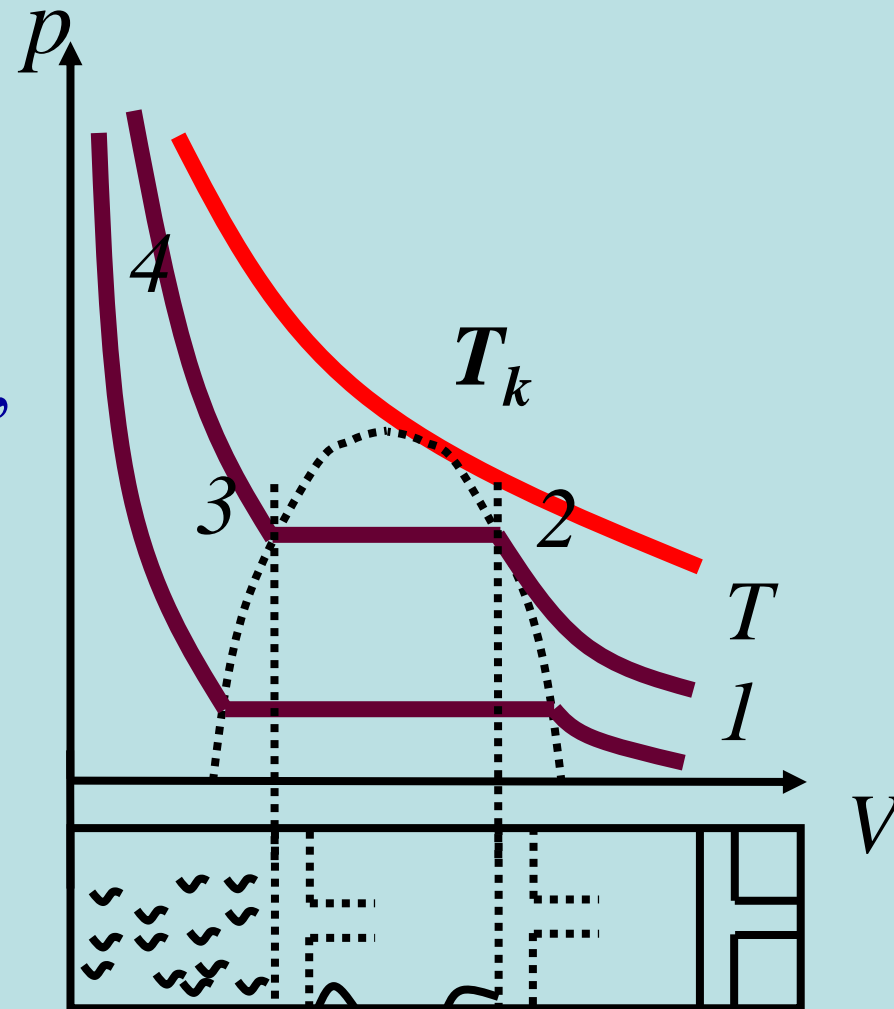
Розглянемо процеси, що відбуваються при стисканні реального газу під поршнем, і побудуємо їх графіки – *ізотерми Ван-дер-Ваальса*.



При переході  $1 \rightarrow 2$  відстань між молекулами значна, поведінка газу відповідає поведінці ідеального газу, крива  $1-2$  є звичайною ізотермою Менделєєва-Клапейрона.

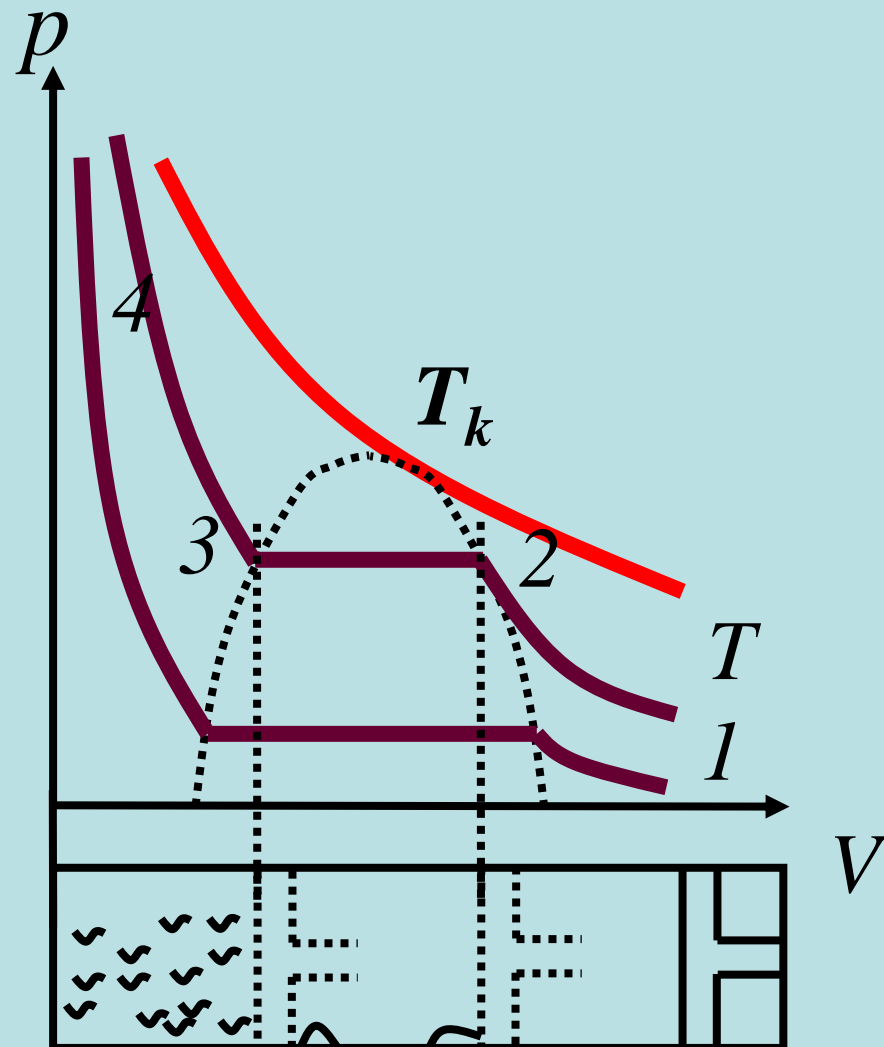


У точці **2** починається процес конденсації пари, пара під поршнем стає насиченою (число молекул, які вилітають із рідини, дорівнює числу молекул, які повертаються назад у рідину).

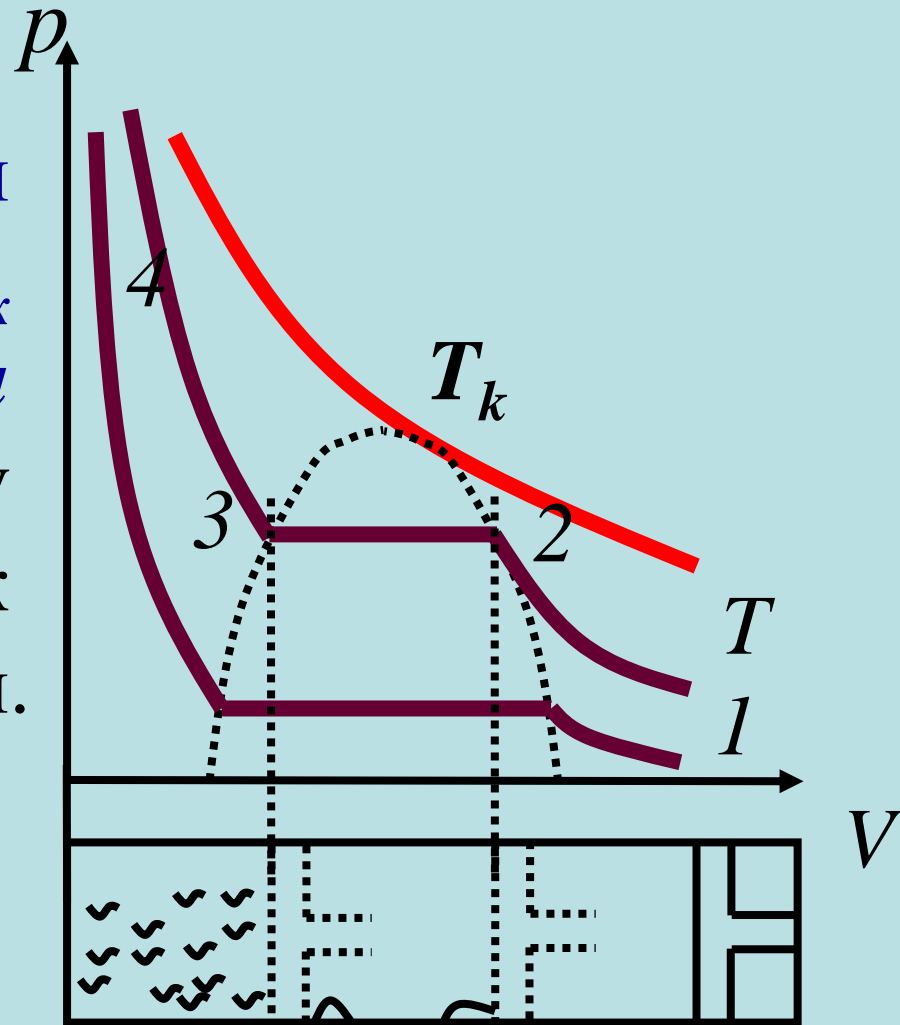




Як видно з графіка, із підвищенням температури газу ділянка 2–3 графіка зменшується (стан насичення газу) і при деякій температурі  $T_k$  зникає зовсім. Ця температура отримала назву **критичної температури**, а тиск ( $p_k$ ) і об'єм ( $V_k$ ) у цій точці – **критичних тиску і об'єму**.

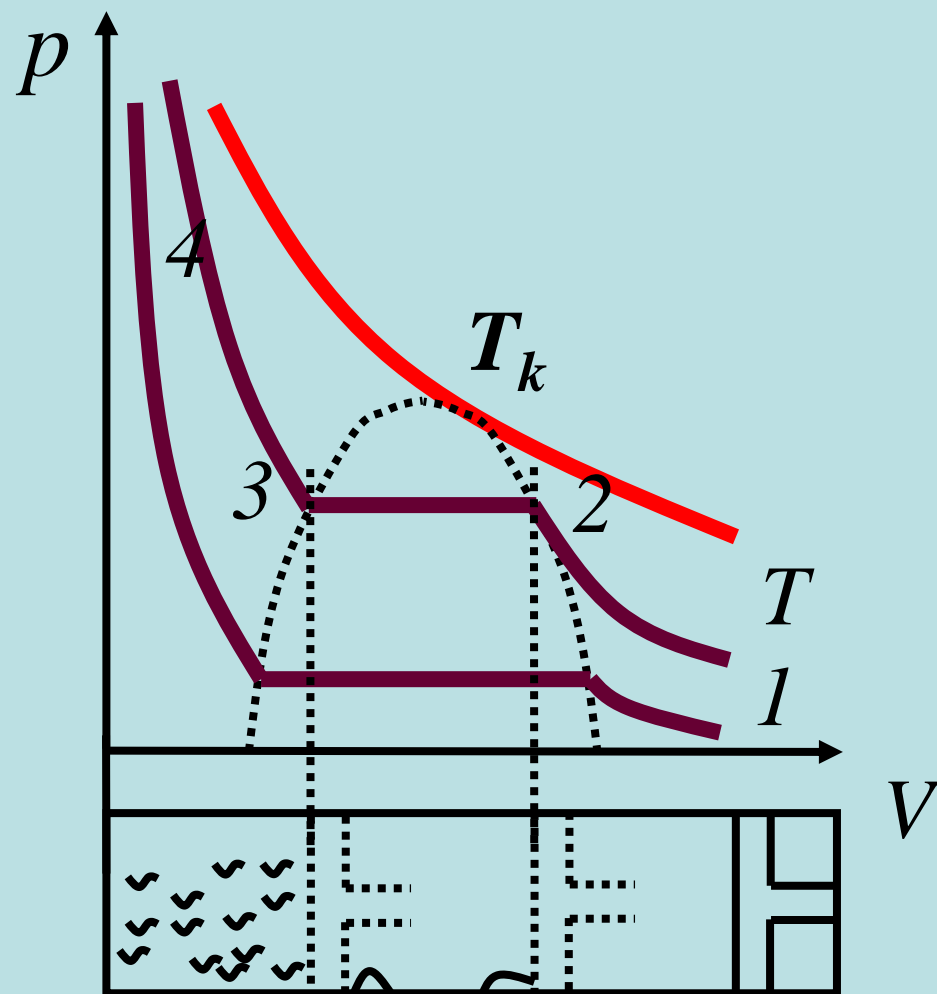


Стан речовини при параметрах  $T_k$ ,  $p_k$  і  $V_k$  називають **критичним станом** – стан при якому не має різниці між рідиною і насиченим газом.



Газ, який знаходиться вище критичної ізотерми, неможливо методом стиснення перетворити у рідину.

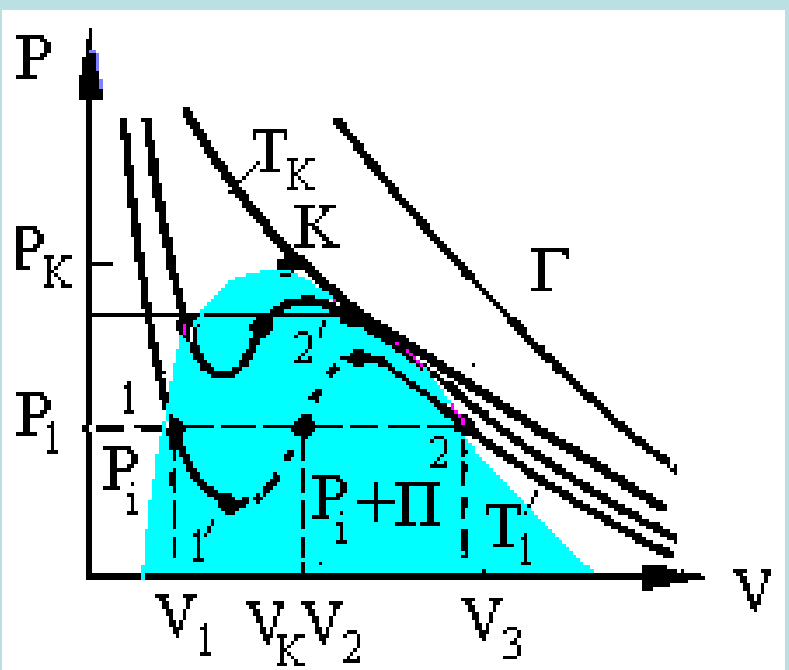
Для отримання рідини такого газу необхідно охолодити його до температури нижчої за критичну.



За деяких умов можуть бути реалізовані метастабільні стани:

- ділянка ізотерми 1-1' відповідає *перегрітій рідині*,
- 2-2' *переохолодженому парові*.

Відрізки, що з'єднують стани 1 та 2 відповідають *поличкам реальних ізотерм*.





## 5. Насичена та ненасичена пара. Вологість повітря.

Молекули рідини знаходяться в неперервному хаотичному русі. Якщо молекула рідини з'являється біля поверхні, то вона може набути швидкості, достатньої для подолання притягання з боку інших молекул і вийти в простір над рідиною.

Сукупність молекул, що знаходяться в просторі над рідиною, називають *парою*, а процес переходу рідини в стан пари – *пароутворенням*.

Пароутворення з вільної поверхні рідини називають *випаровуванням*.



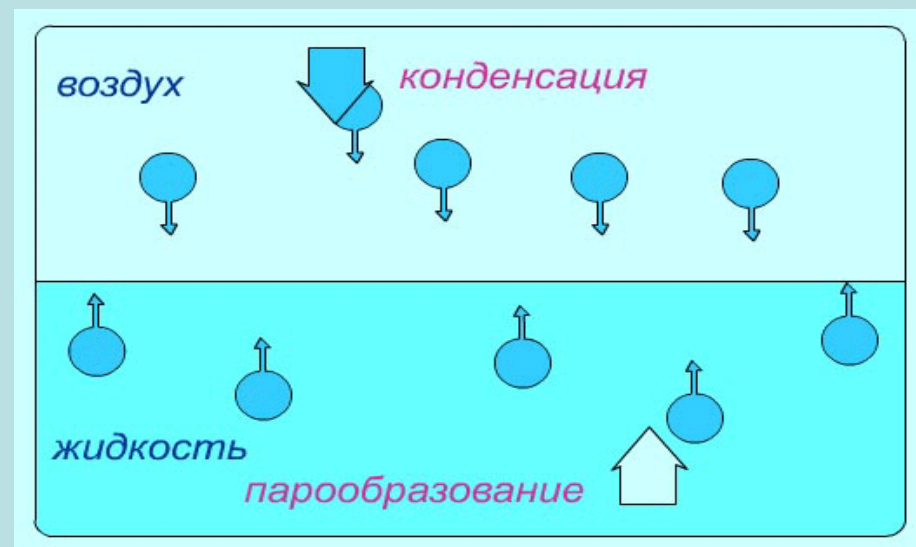
Молекули пари, рухаючись хаотично, можуть набути швидкості, напрямленої, наприклад, в бік рідини, і до неї повернутись.

Процес переходу молекул пари в рідину називають *конденсацією*.

Оскільки з рідини під час випаровування вилітають найшвидші молекули, то середня швидкість тих молекул, що залишились, зменшується, тому під час випаровування рідина охолоджується.

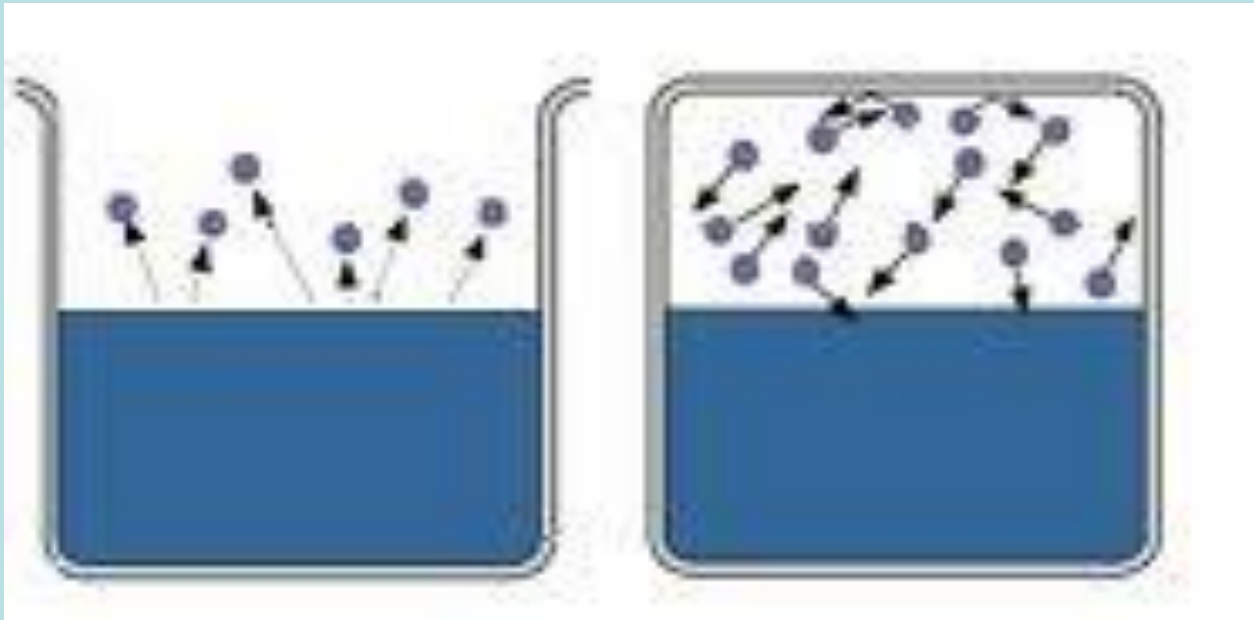
Для підтримання температури такої рідини сталою необхідно підводити тепло.

Внаслідок конденсації затрачене для випаровування тепло повертається.



У герметично закритій посудині через деякий час між рідиною та її паром наступить стан **теплової рівноваги** за якого кількість молекул, що випаровуються за час дорівнюватиме кількості молекул, які конденсуються за цей самий час.

Пару, що знаходиться в тепловій динамічній рівновазі зі своєю рідиною, **називають насиченою**.



З поверхні водойм, вологого ґрунту, листків рослин, легенів і шкіри тварин та людини в атмосферу Землі випаровується величезна кількість водяної пари – приблизно  $10^{14}$  тон на рік, тому атмосферне повітря завжди вологе.



Вміст водяної пари в повітрі, тобто його вологість, можна охарактеризувати декількома величинами:

- абсолютною вологістю,
- відносною вологістю.

***Абсолютна вологість*** – це маса водяної пари в 1 м<sup>3</sup> повітря, тобто це густина ненасиченої пари в 1 м<sup>3</sup> повітря:

$$[\rho_n] = \frac{\text{г}}{\text{м}^3}.$$

Атмосферне повітря є сумішшю різних газів  
( $N_2 = 78\%$ ,  $O_2 = 21\%$ , інертні гази, водяна пара).

0,03%  
 $CO_2$



21%  
 $O_2$

78%  
 $N_2$

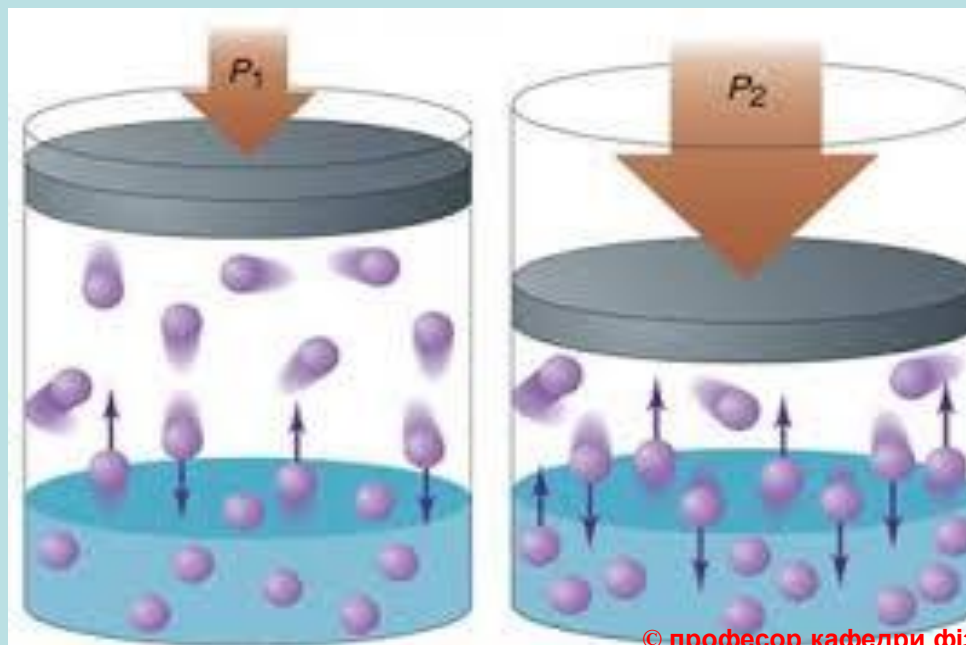


0,93%  
 $Ar$

Тиск, який чинила б водяна пара, коли б не було інших газів, називають *парціальним тиском водяної пари*.

За парціальним тиском водяної пари не можна судити про те, наскільки водяна пара в цих умовах близька до насиченої.

Величина, яка показує наскільки водяна пара за певної температури близька до насичення, називають *відносною вологістю повітря*.



**Відносна вологість** – це відношення парціального тиску водяної пари  $p$ , що міститься в повітрі за певної температури, до тиску  $p_n$  насиченої пари (за такої самої температури), виражена у відсотках:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\% \quad \text{або} \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

де  $\rho$  – густина ненасиченої пари (абсолютна вологість) за певної температури;

$\rho_n$  – густина насиченої водяної пари за такої самої температури.

Вологість повітря вимірюють спеціальними приладами – психрометрами, гігрометрами та ін.

**Психрометр** складається з двох термометрів: резервуар одного з них, який показує температуру повітря, залишається сухим, резервуар другого оточений шматком тканини, зануреної у воду. Вода випаровується і завдяки цьому термометр охолоджується. Чим більша відносна вологість, тим менш інтенсивне випаровування і тим вищу температуру показує термометр, оточений вологою тканиною.



За різницею температур термометрів і спеціальною таблицею можна визначити відносну вологість повітря.

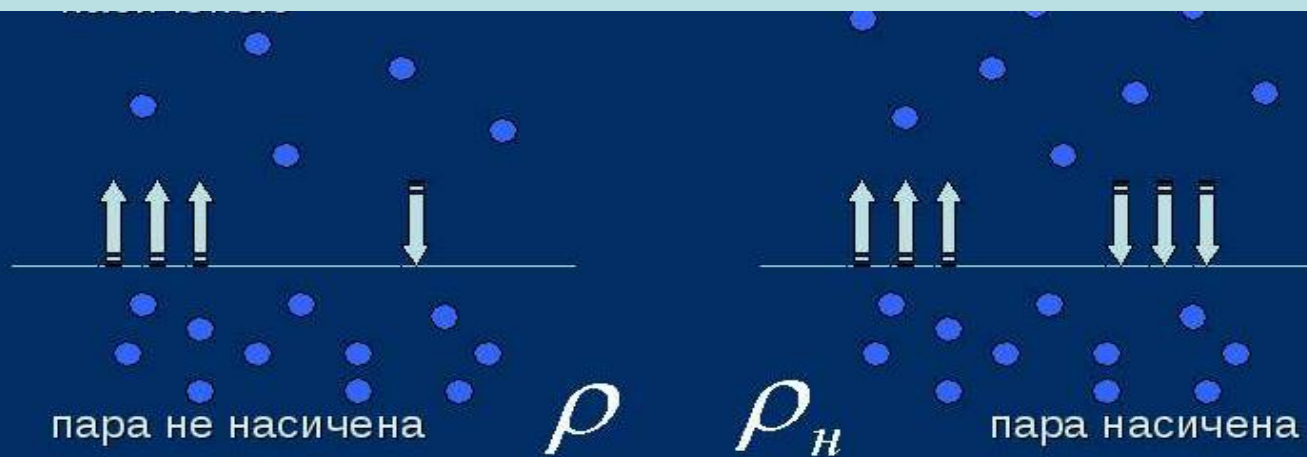
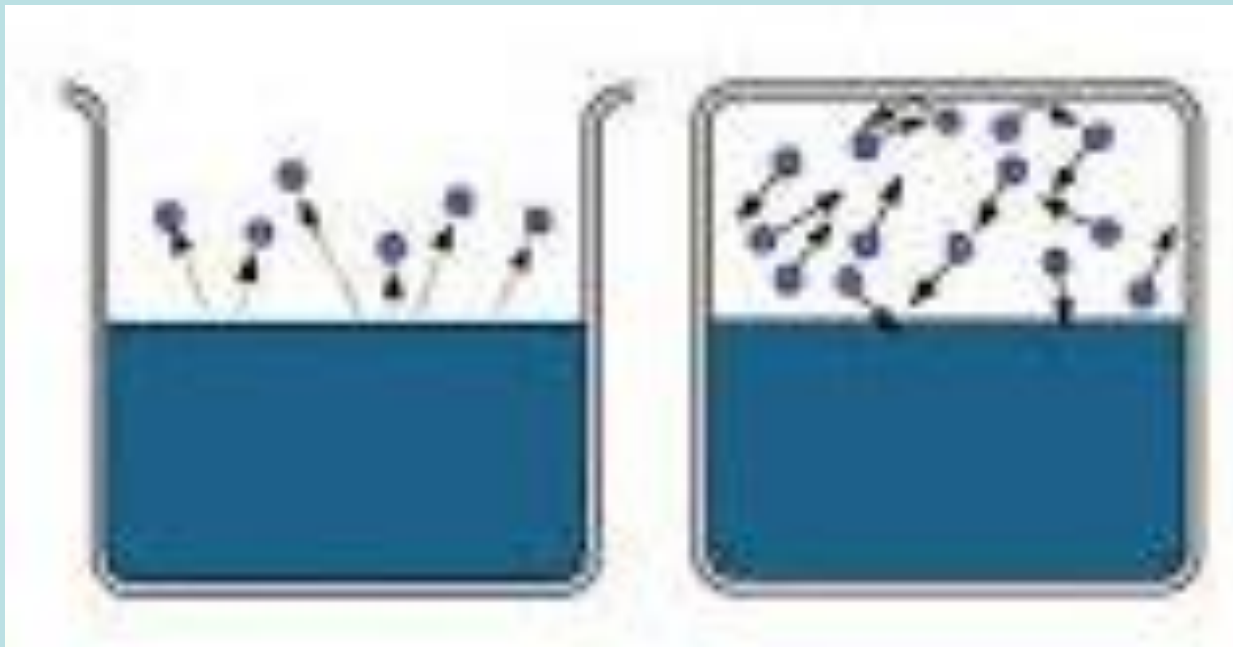
## Психрометрична таблиця

Покази сухого термометра, °C	Різниця показів сухого і вологого термометрів, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	82	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39
<b>Відносна вологість, %</b>											

Для людини сприятливим є повітря з відотною вологістю  $\rho=40-60\%$ . Якщо температура ненасиченої пари знижується, то її відносна вологість буде зростати без додаткового випаровування води.



Температура за якої ненасичена пара перетворюється у насичену, називають **точкою роси**.



Визначити точку роси можна за допомогою **гігрометра** — пристрою, що має дзеркальну поверхню.

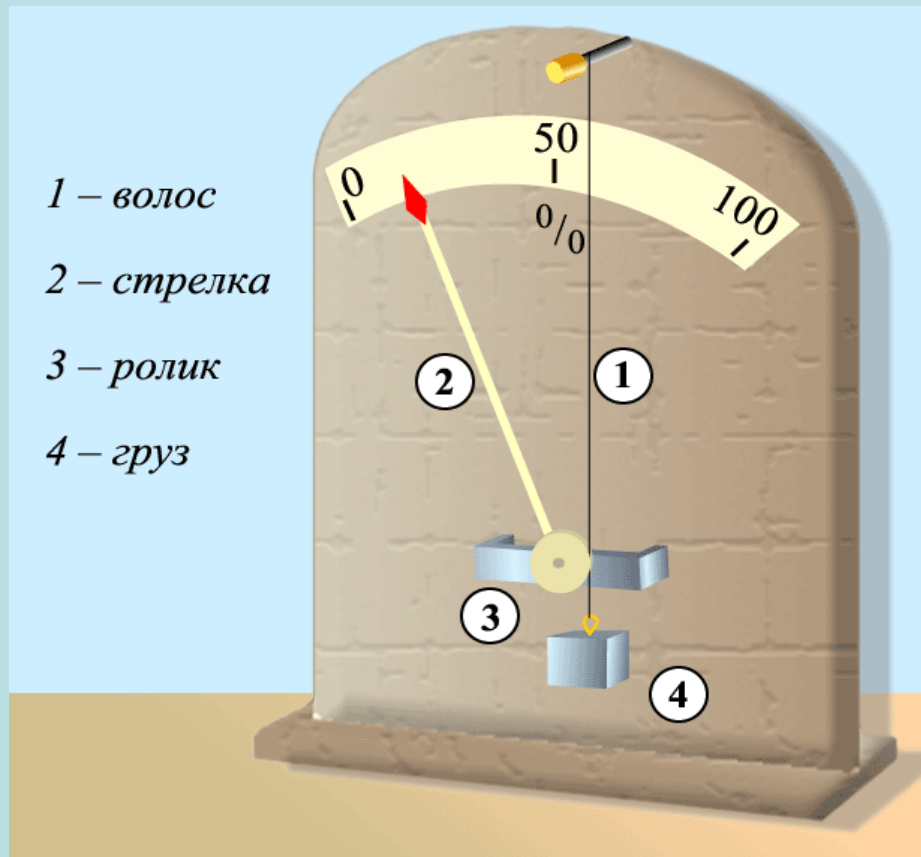
Цю поверхню охолоджують під час випаровування леткої рідини типу ефіру і приводять до конденсації пари в шарах повітря, що прилягають до дзеркальної поверхні.

За виміряним термометром значенням точки роси знаходять густину пари, що відповідає абсолютній вологості  $\rho$ . Густину насиченої пари  $\rho_H$  при температурі досліду знаходять з таблиці.



Вимірюють вологість також за допомогою **волосяного гігрометра**, дія якого ґрунтується на властивості волосини людини змінювати свою довжину у вологому повітрі.

Унаслідок збільшення вологості довжина волосини зростає, а зі зменшенням вологості волосина коротшає.



# Значення вологості повітря



Прогноз  
погоди



Виробництво  
тканин, цукерок,  
табачних виробів



Бібліотеки,  
музеї



Картинні  
галереї



Лікарні, поліклініки,  
аптеки



Для людини  
нормальною є вологість  
повітря 40-60%



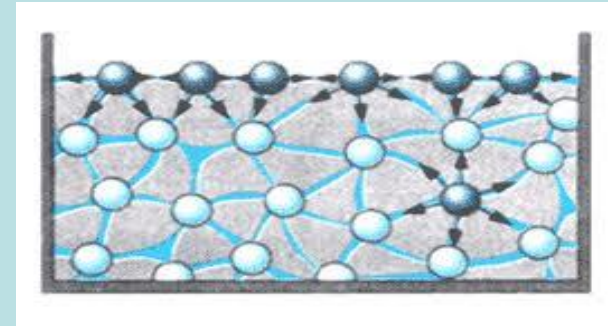
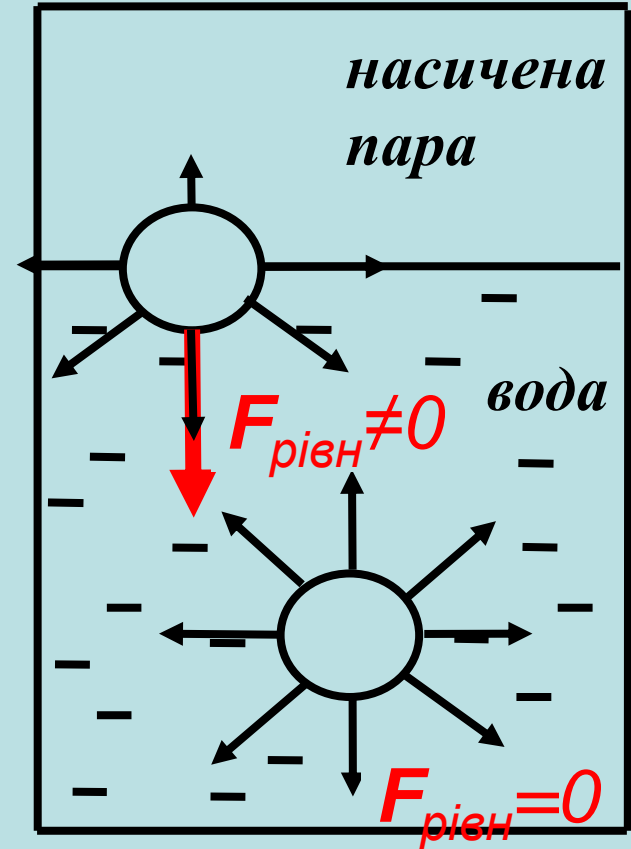
Зберігання овочів,  
фруктів, продуктів  
харчування

## 6. Поверхневий натяг рідини, капілярні явища

Розглянемо поведінку молекул рідини, які знаходяться у середині рідини та на її поверхні.

Молекула, що знаходиться всередині рідини, зазнає рівномірної дії з боку інших молекул, які її оточують, і рівнодійна таких сил дорівнює нулеві  $\vec{F}_{\text{рівнод}} = 0$ .

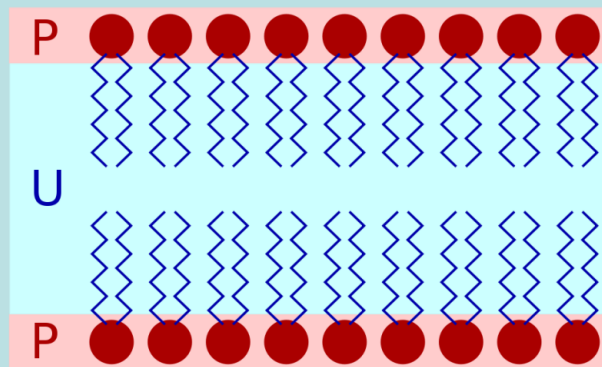
Рівнодійна сил, які діють на поверхневу молекулу  $\vec{F}_{\text{рівнод}} \neq 0$ , направлена всередину рідини, тому поверхня рідини веде себе як розтягнута плівка.



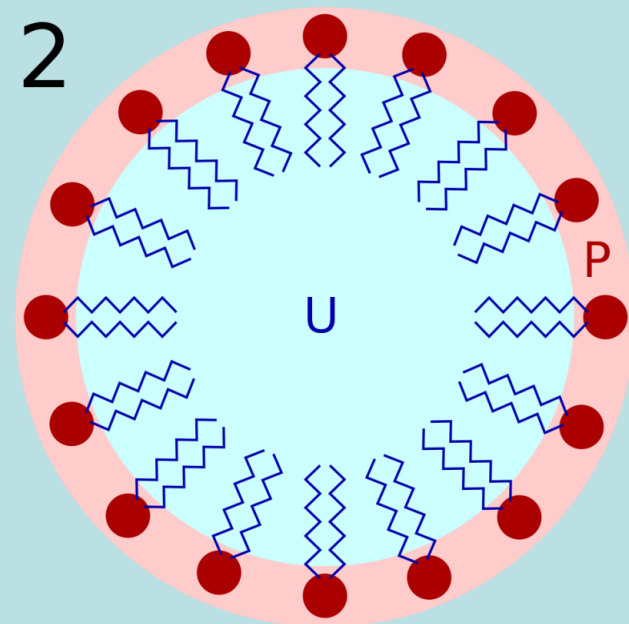


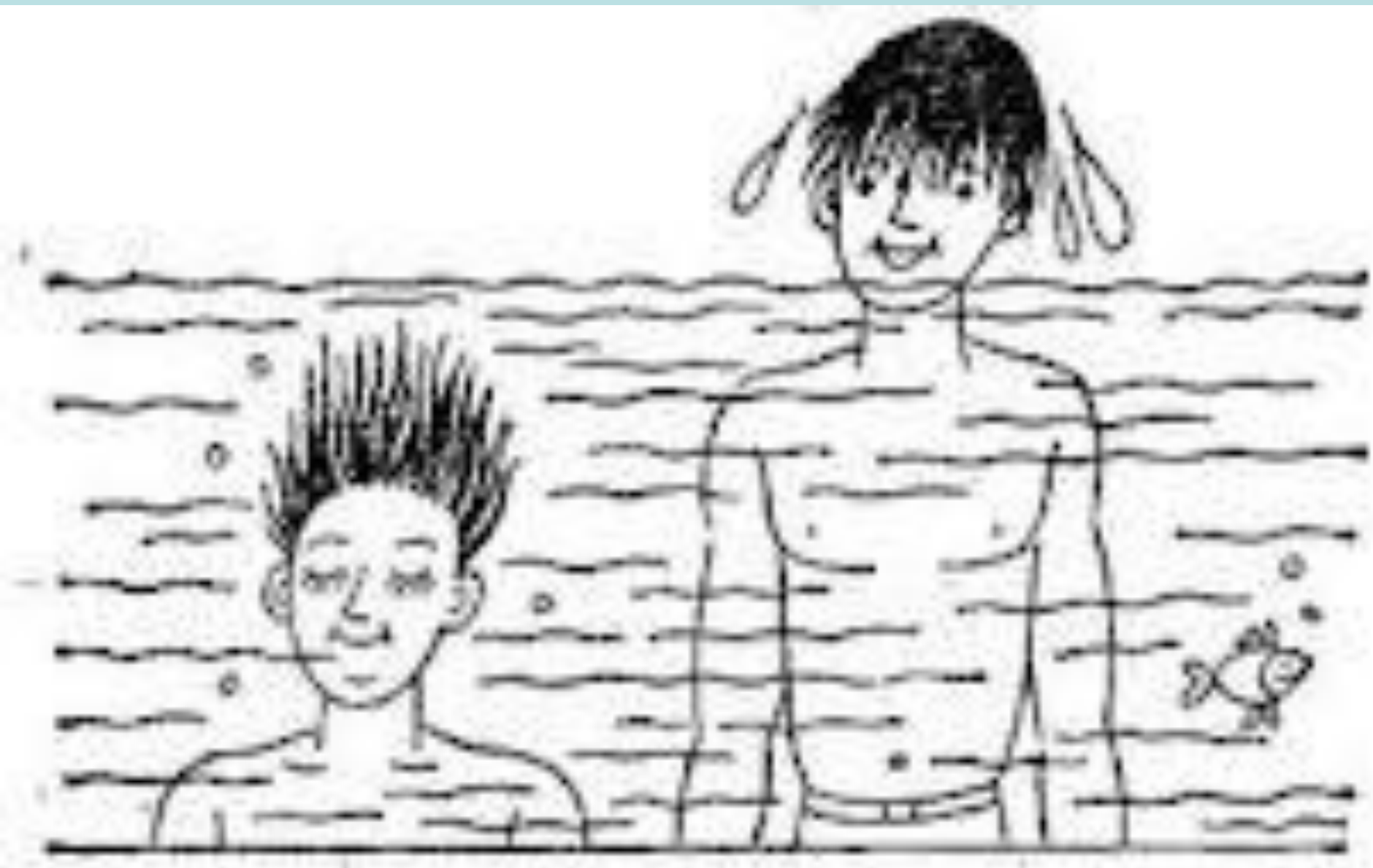


1



2

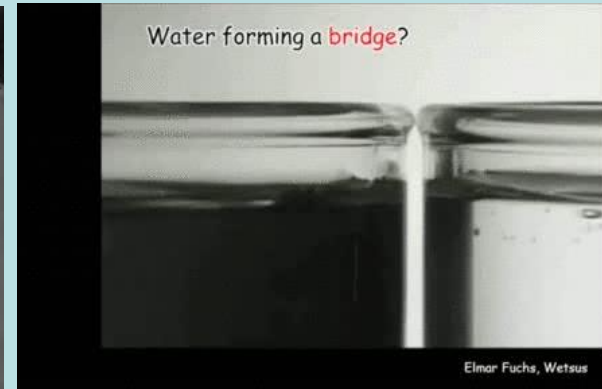
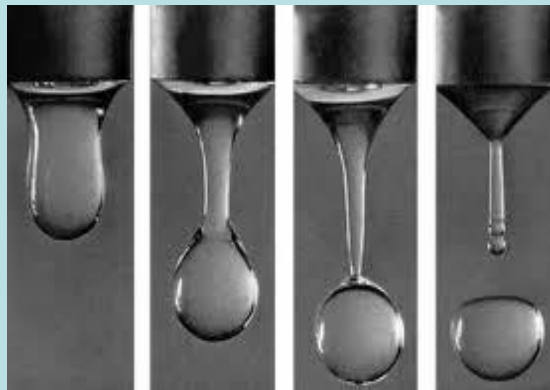
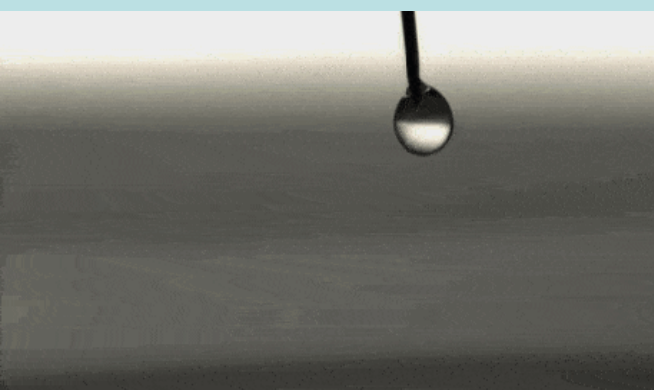




Сила поверхневого натягу рідини визначається формулою:

$$F_{п.н.} = \sigma l, \text{ або } \Delta E_{п.н.} = \sigma \Delta S$$

де  $F_{п.н.}$  – сила поверхневого натягу,  
 $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу рідини,  
 $l$  – довжина периметру, який охоплює дана рідина,  
 $\Delta E_{п.н.}$  – енергія поверхневого шару,  
 $\Delta S$  – площа шару рідини.

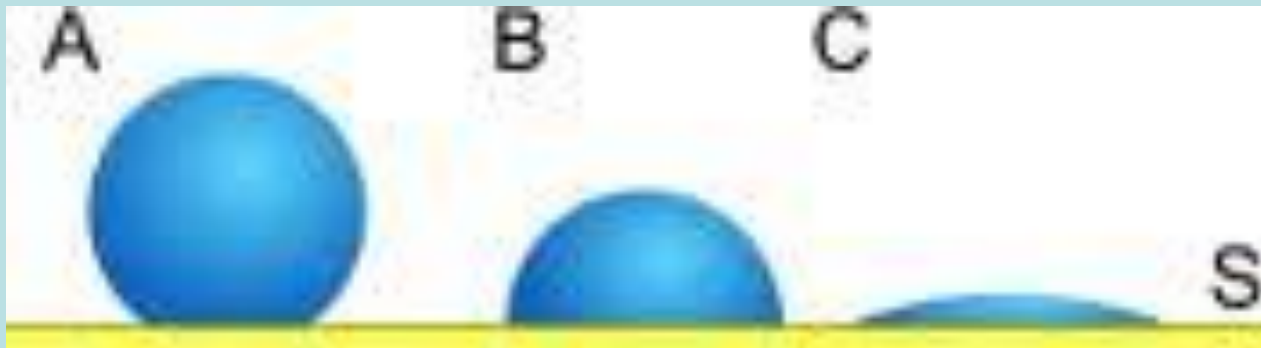
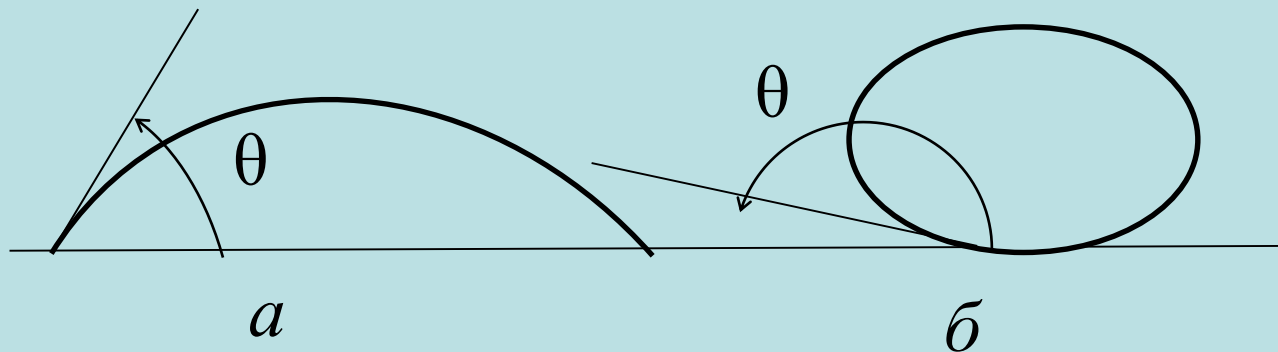


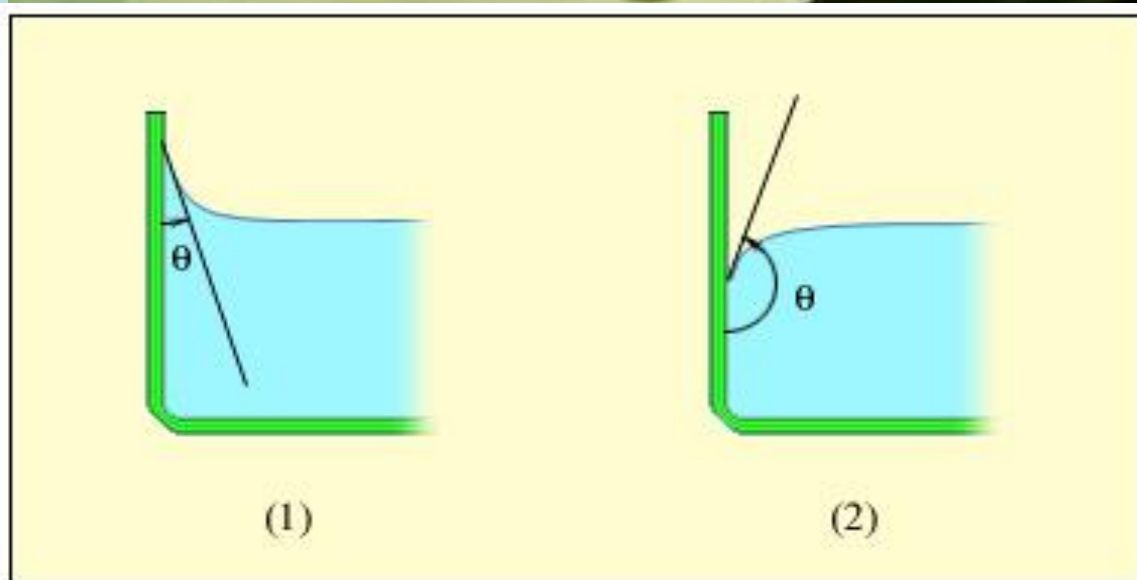


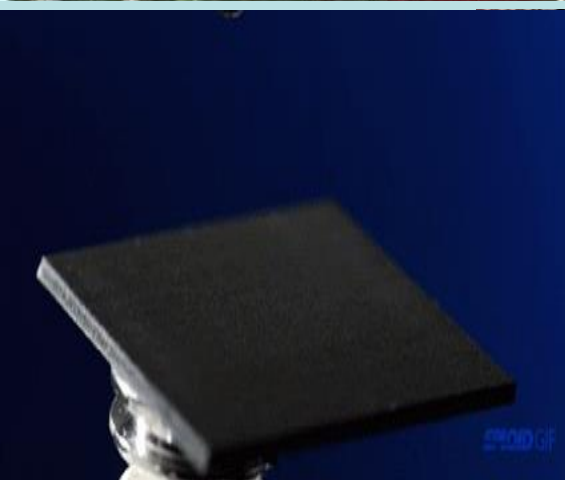
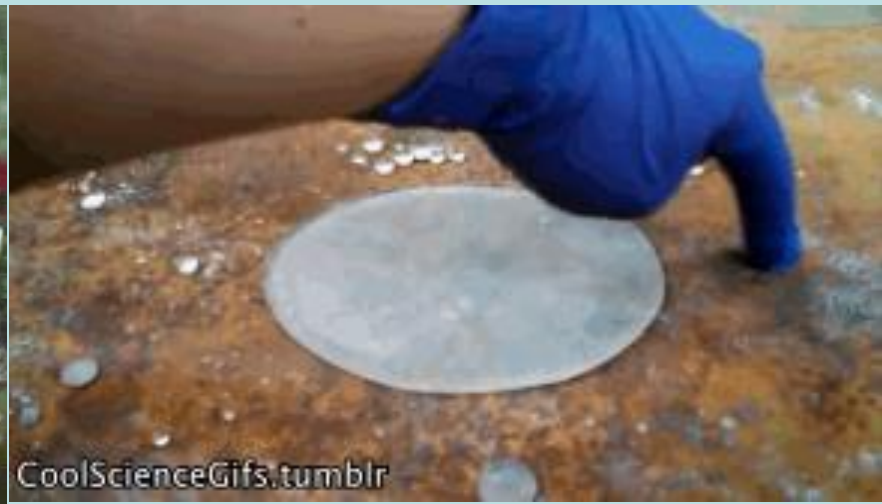


oneGIF.COM

Якщо сили міжмолекулярної взаємодії між молекулами рідини менші, ніж між молекулами тіла і рідини, то рідина розтікається по поверхні (рис., а), це явище називають змочуванням, якщо сили взаємодії між молекулами рідини більші, ніж між молекулами тіла і рідини, рідина збирається у вигляді кульки (рис., б) – незмочуванням.







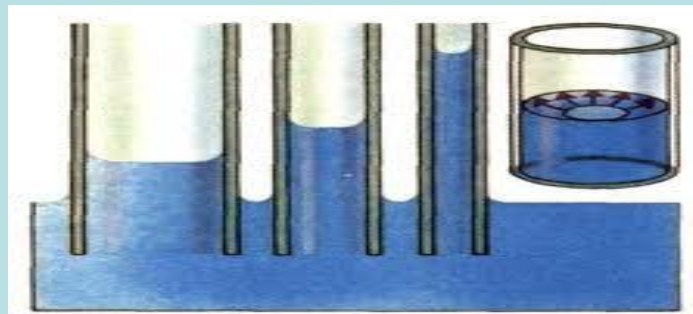
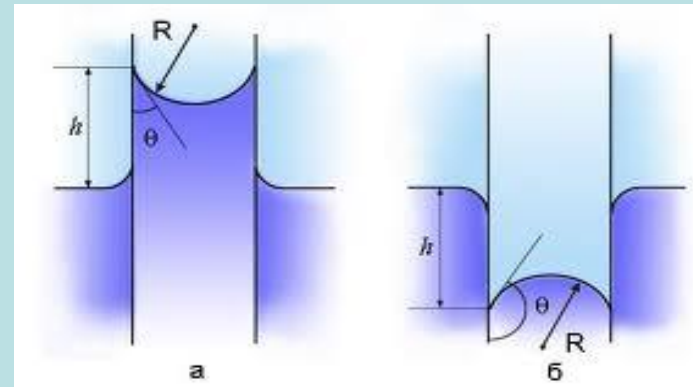
Якщо рідина має криву поверхню, то під цією поверхнею за рахунок сил поверхневого натягу створюється додатковий тиск:

$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \text{формула Лапласа}$$

де  $R_1$  і  $R_2$  – радіуси кривизни поверхні у двох взаємно перпендикулярних перерізах поверхні рідини.

Якщо діаметр трубки менше 1 мм, то таку трубку називають *капіляром*.

Поведінка рідини у капілярах цікава тим, що при змочуванні трубки рідиною, за рахунок “лапласового” тиску, вона піднімається на деяку висоту  $h$ , а при незмочуванні навпаки опускається на деяку глибину  $h$ .



Висота підняття рідини у капілярі може бути визначена так: тиск у точці  $1$  на початку занурення буде меншим атмосферного на  $\Delta p$  (тиск Лапласа), оскільки кривизна поверхні рідини направлена вгору.

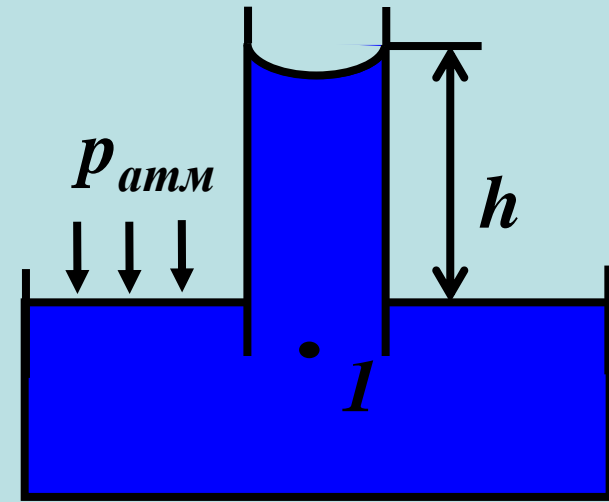
Щоб компенсувати цю різницю тисків, рідина має піднятися на висоту  $h$ , щоб гідростатичний тиск  $\rho gh$  дорівнював “лапласовому” тиску  $\Delta p$ .

Нехай  $R_1=R_2=r$  (трубка циліндричної форми), де  $r$  – радіус трубки. Якщо

$$\Delta p = \sigma \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) = \frac{2\sigma}{r} \quad \text{або} \quad \frac{2\sigma}{r} = \rho gh ,$$

тоді висота підняття (опускання) рідини у капілярі:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$$



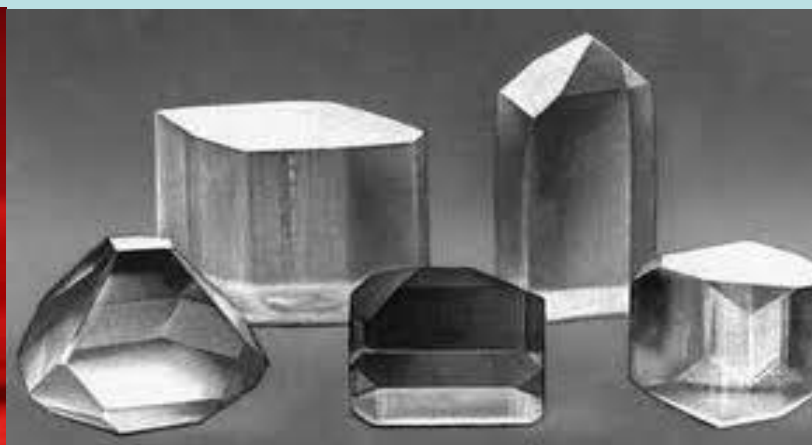
Капілярні явища відіграють значну роль у житті людини. **Кровообіг** у віддалених частинах тіла відбувається також за рахунок капілярів.

Вологообмін у ґрунті і в рослинах відбувається за рахунок підняття вологи по капілярах. Товщина таких капілярів мала. Капілярністю пояснюється поглинання вологи **бетоном і рушником**.



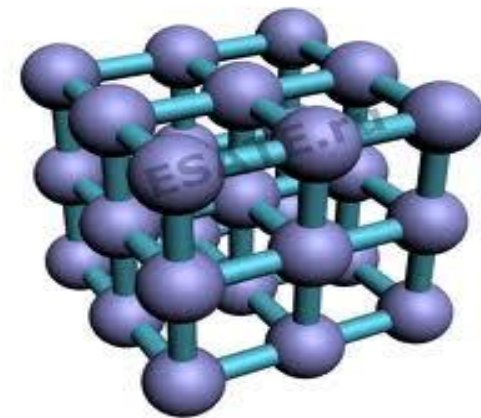
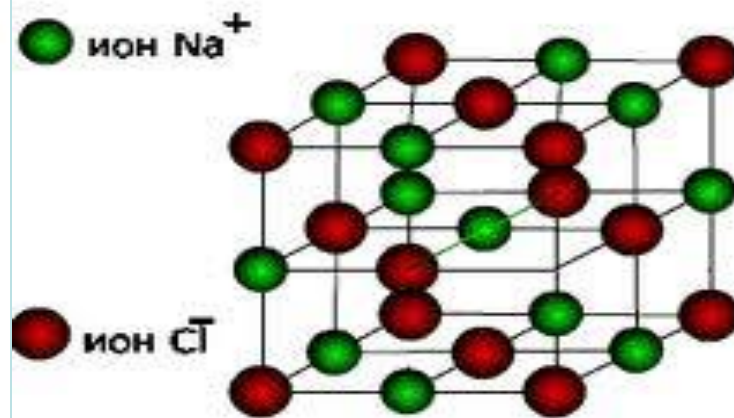
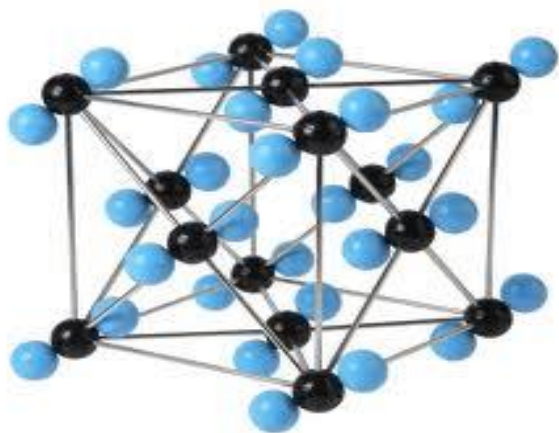
# 7. Властивості кристалів, будова їх кристалічних решіток.

Тверді тіла або кристали характеризуються наявністю значних сил міжмолекулярної взаємодії і зберігають сталими не лише свій об'єм, але й форму. Кристали мають правильну геометричну форму, які є результатом впорядкованого розташування частинок (атомів, молекул, іонів), що складають кристали.



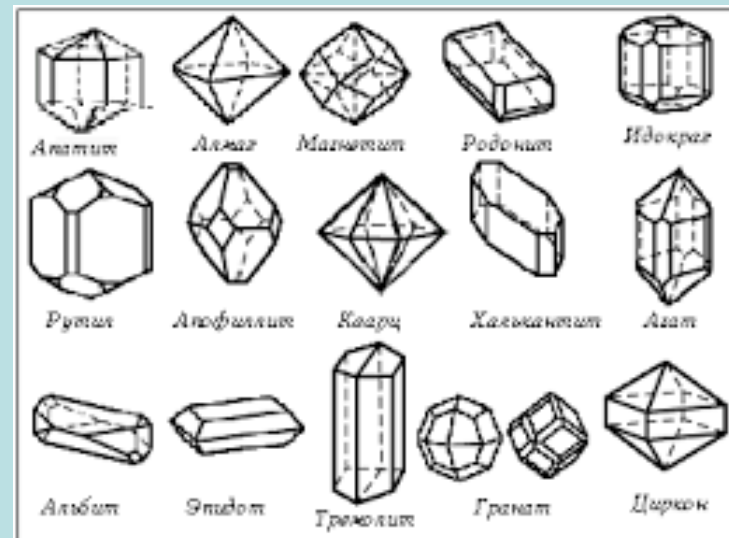
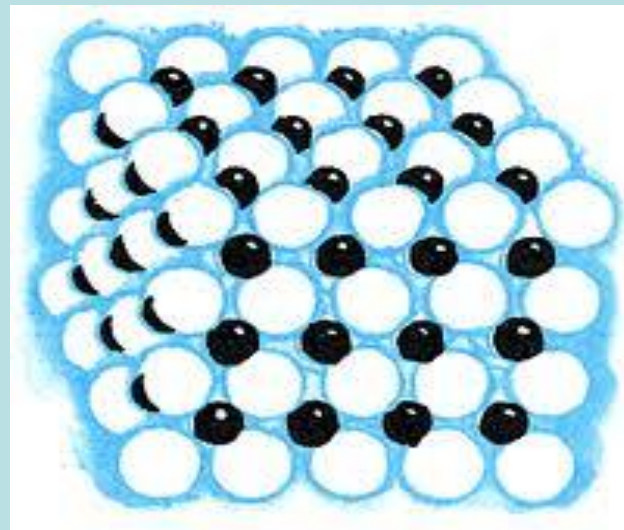
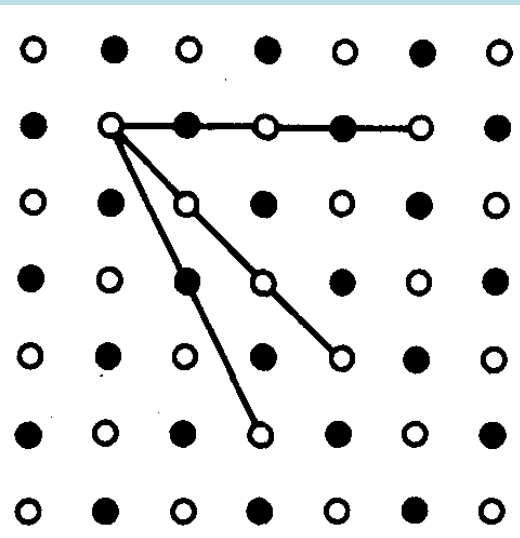
Структуру, для якої є характерним регулярне розташування частинок з періодичною повторюваністю у трьох вимірах, називають *кристалічною решіткою*.

Точки, в яких розташовані частинки, а точніше – середні рівноважні положення, біля яких частинки створюють коливання, називають *вузлами кристалічної решітки*.



Кристалічні тіла поділяють на дві групи:

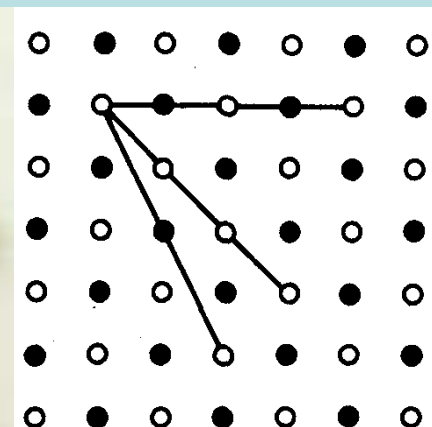
1) **монокристали** – тверді тіла, частинки яких утворюють єдину кристалічну решітку. Кути між відповідними гранями монокристалів одного типу залишаються сталими, хоча їх форма може бути різною – **закон сталості кутів** (сформулював М.В. Ломоносов) – правильна форма кристалів пов'язана із закономірним розміщенням структурних елементів кристалів.



Монокристалами є більшість мінералів. Однак крупні природні кристали зустрічаються доволі рідко (наприклад, лід, виварна сіль, ісландський шпат).

Більшість монокристалів вирощують штучно, що є складним процесом, оскільки потребує точного дотримання не простих умов (чистого розчину, повільного охолодження, повної відсутності зовнішніх впливів).

Характерною особливістю монокристалів є їх **анізотропність** – залежність фізичних властивостей – пружності, механічних, теплових, електричних, магнітних, оптичних – від напрямку

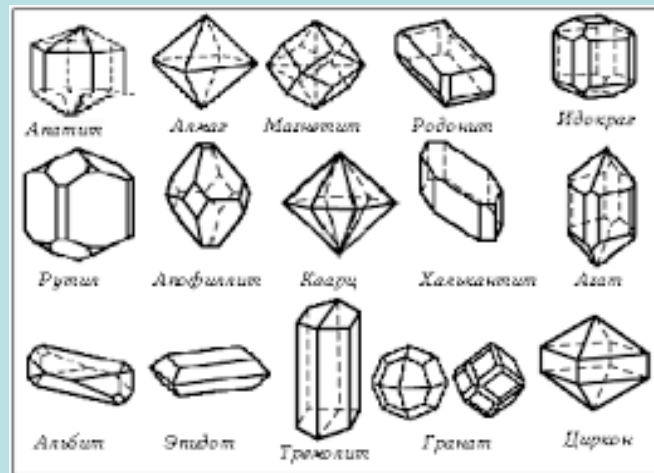


2) *полікристали* – тверді тіла, що складаються з великої кількості невпорядкованих дрібних кристалічних зерен (більшість гірських порід, метали, сплави).

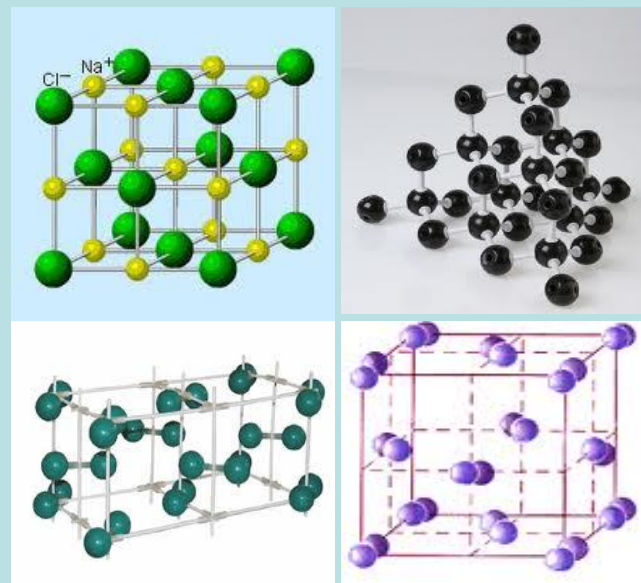


# Класифікацію кристалів здійснюють за двома ознаками:

**1. кристалографічною** – в її основі лежить просторова періодичність і симетрія у розташуванні частинок кристалів, не враховуючи внутрішньої їх структури.

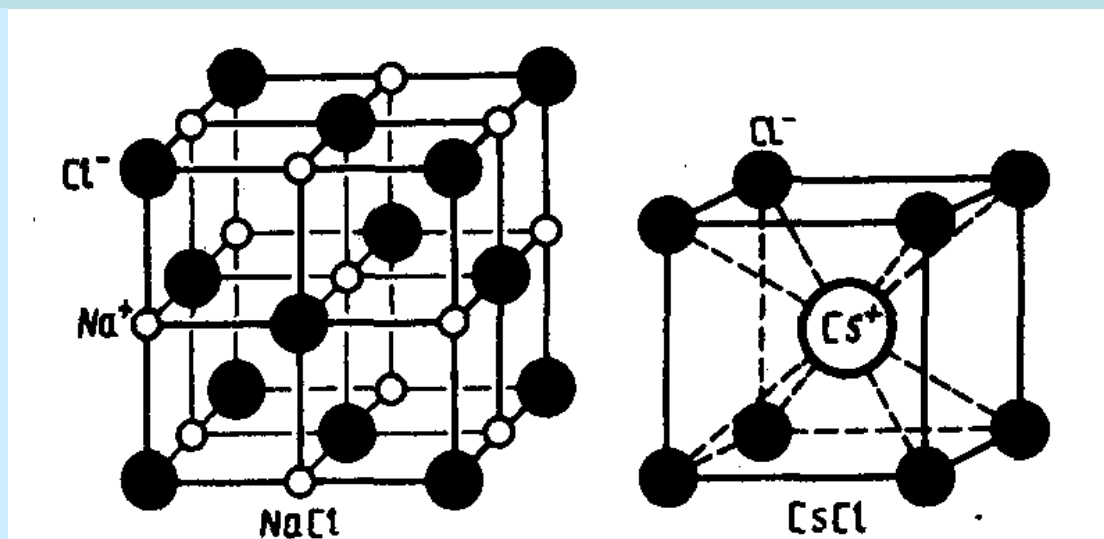
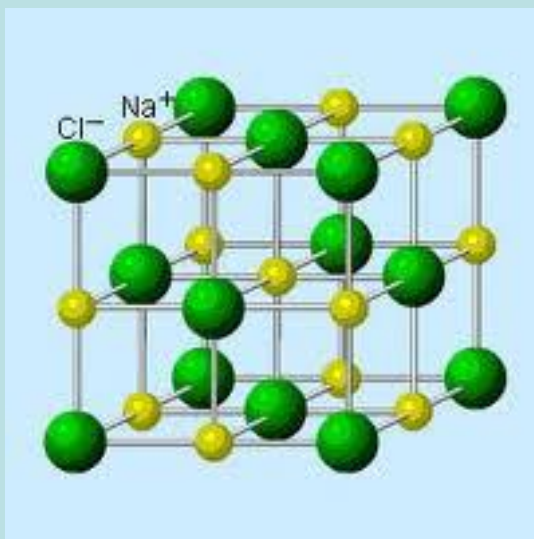


**2. фізичною** – в залежності від роду частинок, розташованих у вузлах кристалічної решітки, і характеру сил взаємодії між ними кристали поділяють на чотири типи:



Іонні кристали. У вузлах іонної решітки чергуються позитивні й негативні іони. Іонний (гетерополярний) зв'язок обумовлений силами притягання між різнойменно зарядженими іонами.

Переважає більшість кристалів має іонну решітку, наприклад, NaCl, CsCl, KBr, MgO, CaO і т.д. В іонній решітці не можна виділити окремі молекули, оскільки кристали являють собою як би одну гігантську молекулу.

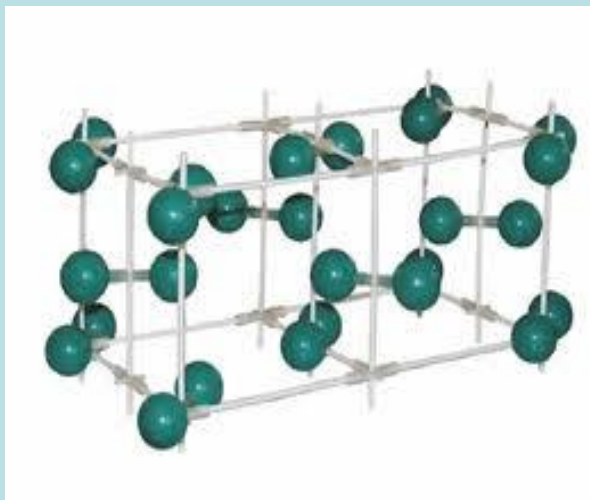


Атомні кристали. У вузлах кристалічної ґратки розташовані нейтральні атоми, що утримуються ковалентними або гомеополлярними зв'язками квантово-механічного походження (валентні електрони сусідніх атомів є спільними для сусідніх атомів).

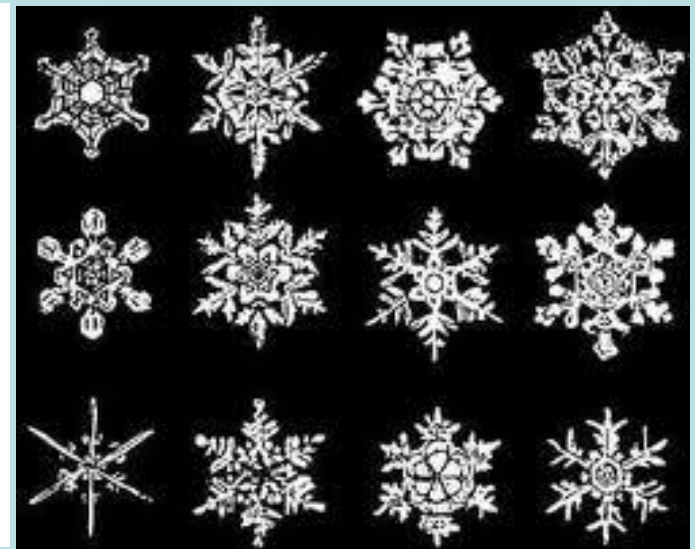
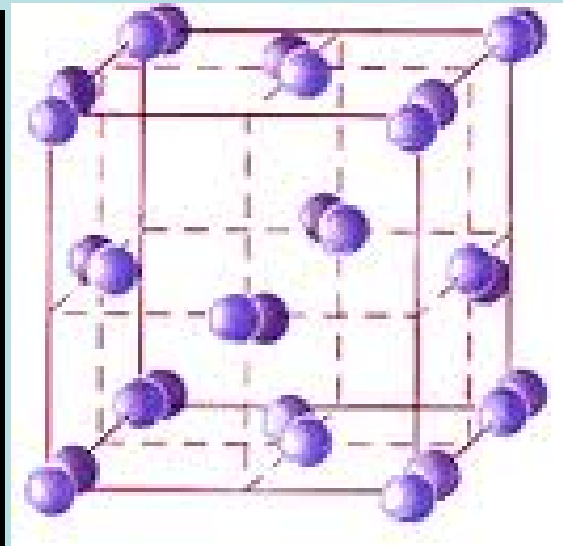
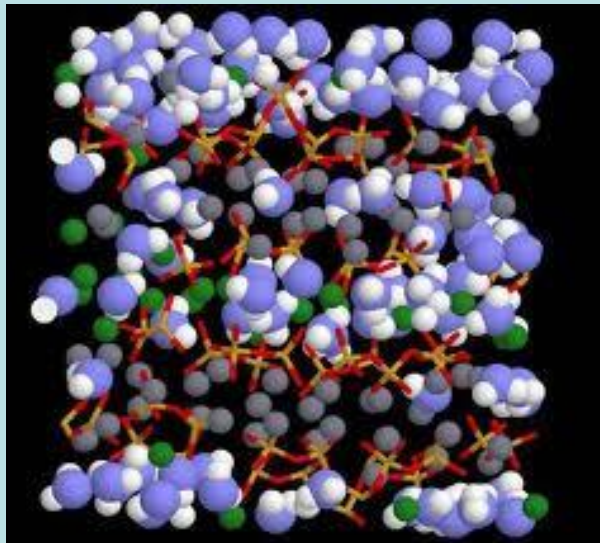
Атомними кристалами є алмаз і графіт (два стани вуглецю), деякі неорганічні сполуки ( $\text{ZnS}$ ,  $\text{BeO}$  і т. д.), а також напівпровідники – германій  $\text{Ge}$  и кремній  $\text{Si}$ .



**Металічні кристали.** У вузлах кристалічної решітки розташовані позитивні іони металу. Валентні електрони, порівняно слабо пов'язані з атомами, відділяються від атомів і колективізуються, тобто належать всьому кристалу в цілому, а не одному атому, як у випадку іонного зв'язку, не парі сусідніх атомів, ковалентного зв'язку. Тобто в металах між позитивними іонами рухаються вільні електрони, які забезпечують гарну провідність металів.



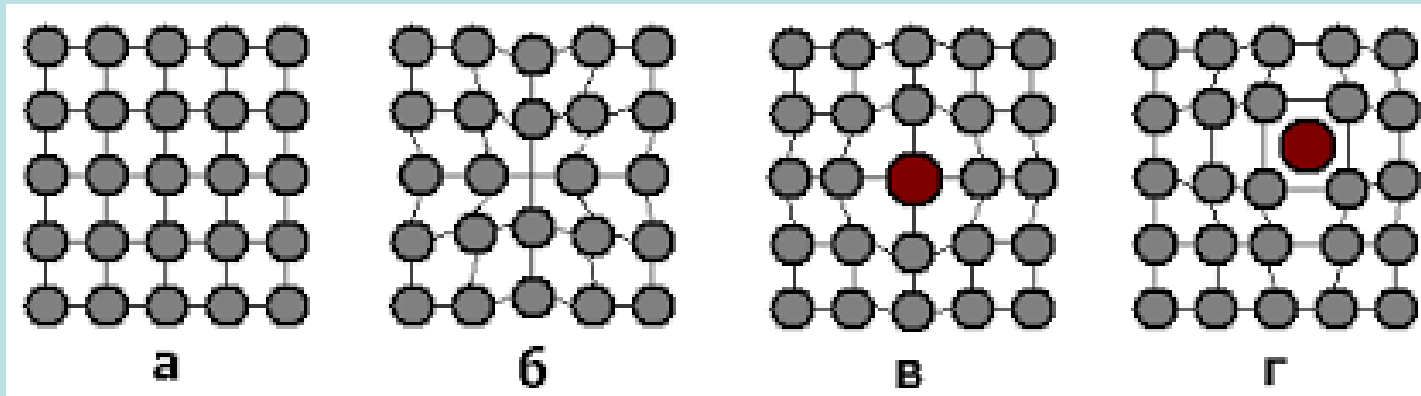
Молекулярні кристали. У вузлах кристалічної решітки розташовані нейтральні молекули речовини, сили взаємодії між якими обумовлені незначним взаємним зміщенням електронів в електронних оболонках атомів. Наприклад, більшість органічних з'єднань (парафін, спирт, гума і т. д.), інертні гази (Ne, Ar, Kr, Xe) і гази  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  у твердому стані, лід, а також кристали бромру  $\text{Br}_2$ , іоду  $\text{I}_2$ .



## 8. Дефекти кристалічних решіток.

Ідеальні кристалічні структури існують лише в досить малих об'ємах реальних кристалів, в яких завжди є відхилення від упорядкованого розташування частинок у вузлах решітки.

Відхилення від упорядкованого розташування частинок у вузлах кристалічної решітки називають **дефектами кристалічної решітки.**



**Дефекти** поділяють на:

- **макроскопічні**, виникають у процесі утворення і росту кристалів (наприклад, тріщини, пори, інородці макроскопічні включення),
- **мікроскопічні**, обумовлені мікроскопічними відхиленнями від періодичності.

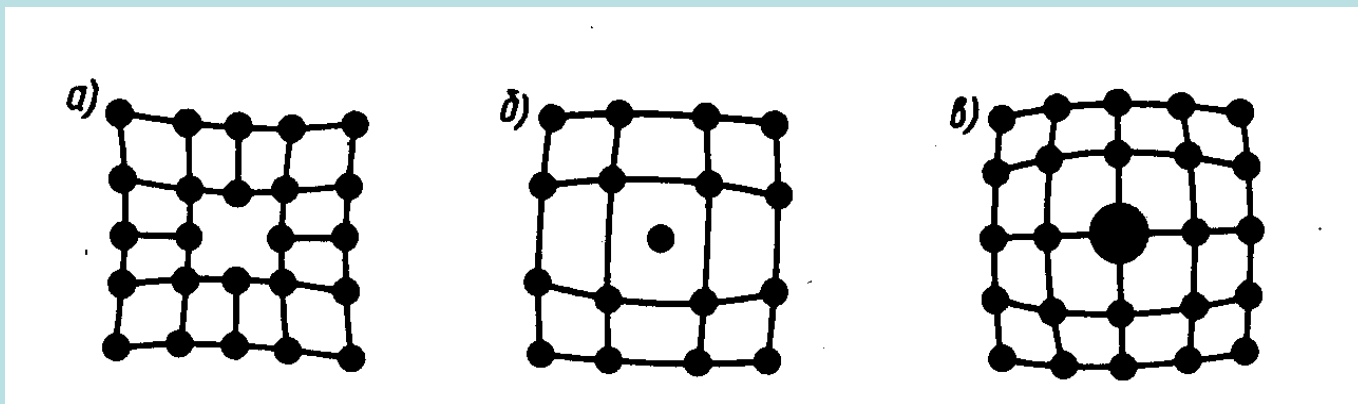
# Точкові дефекти бувають трьох типів:

1) **вакансії** – відсутність атома у вузлі кристалічної решітки (рис. *a*);

2) **міжвузловий атом** – атом, що проник у міжвузловий простір (рис. *б*);

3) **домішковий атом** – атом домішки, який або заміщує основний (домішка заміщення, *в*), або занурений у міжвузловий простір (домішка занурення, рис. *б*).

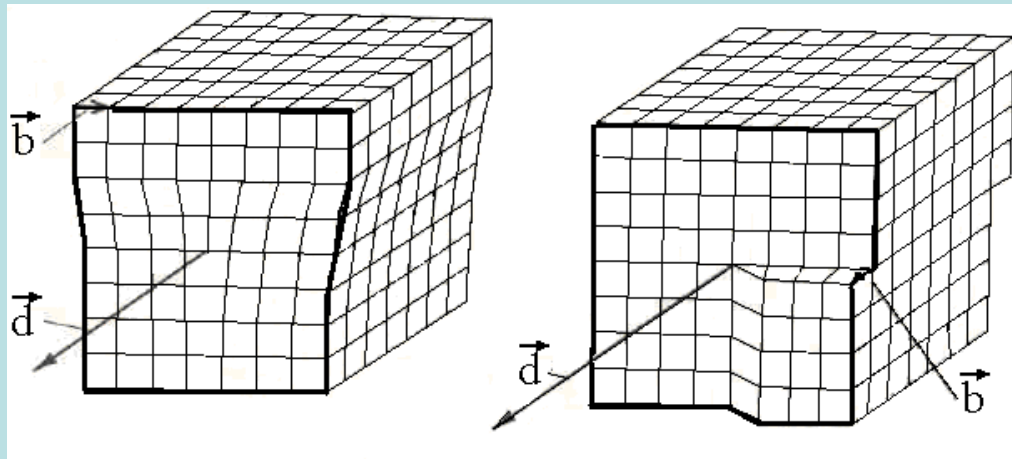
Точкові дефекти порушують лише ближній порядок у кристалах, не чіпаючи дальнього порядку – їх характерна особливість.



**Лінійні дефекти** порушують дальній порядок. Лінійні дефекти, що порушують правильне чергування атомних шарів називають **дислокаціями**.

Найпростішими видами дислокацій є **крайова** (одна із площин обривається усередині кристалу (рис. а) і **гвинтова дислокація** (атомні площини становлять систему, подібну до гвинтових сходів).

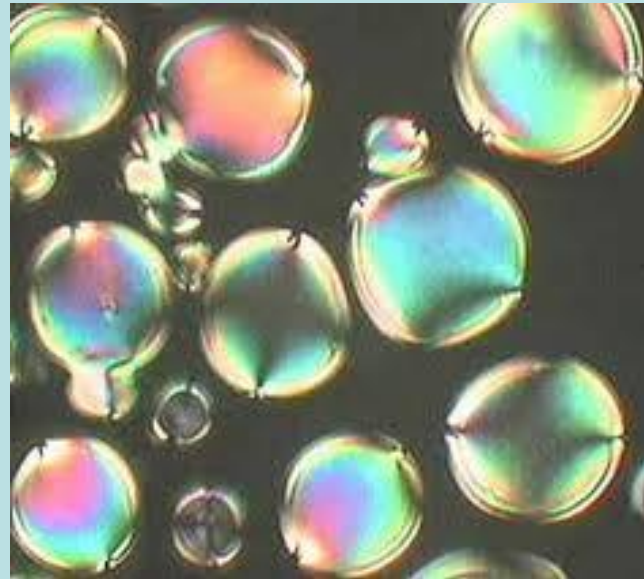
Будь-яка конкретна дислокація може бути представлена як поєднання крайової й гвинтової дислокацій. Наявність дефектів у кристалічній структурі впливає на властивості кристалів.



# 9. Рідкі кристали. Аморфні речовини.

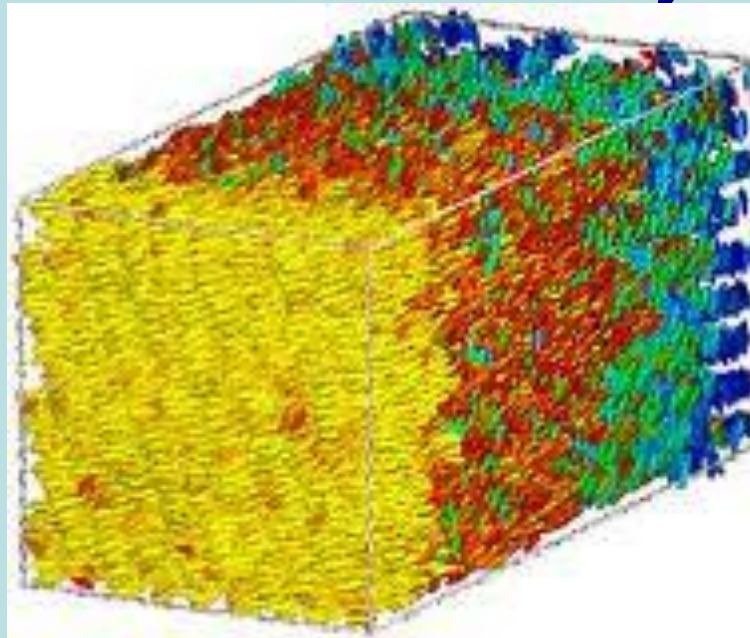
## Будова полімерів

**Рідкий кристал** – специфічний стан термодинамічної системи, якому властиві риси як рідини (текучість), так і кристалу (анізотропія властивостей).



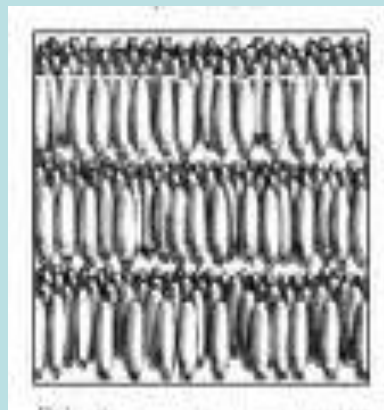
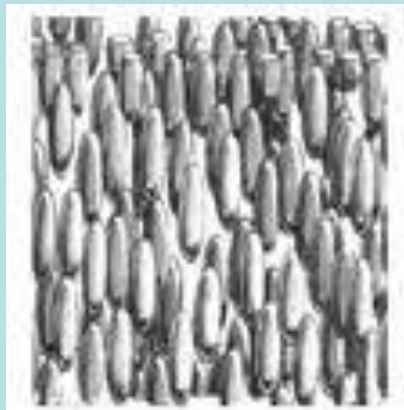
*Рідкий кристал* – проміжна фаза між ізотропною рідиною і кристалічним твердим тілом.

Рідкі кристали – це флюїди, молекули яких певним чином впорядковані, тобто існує певна симетрія. Як наслідок, існує анізотропія механічних, електричних, магнітних та оптичних властивостей речовин цього класу.



Поєднуючи властивості рідин та твердих тіл (текучість, анізотропія), рідкі кристали проявляють специфічні ефекти, багато з яких не спостерігаються у рідинах та твердих тілах.

Зокрема, в рідких кристалах спостерігається подвійне променезаломлення, флексоелектричний ефект (виникнення електричного поля при деформації рідкого кристалу), перехід Фредерікса (переорієнтації молекул рідкого кристалу в комірці за наявності прикладеної до цієї комірки напруги).

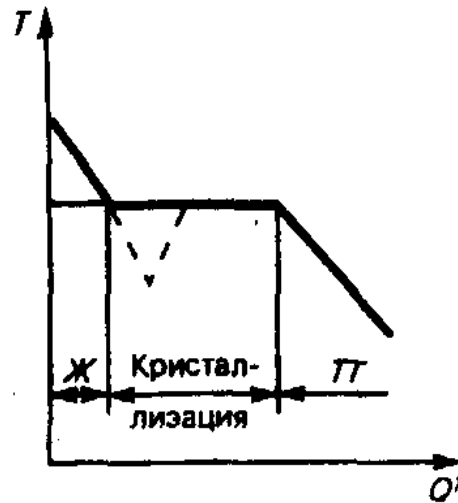
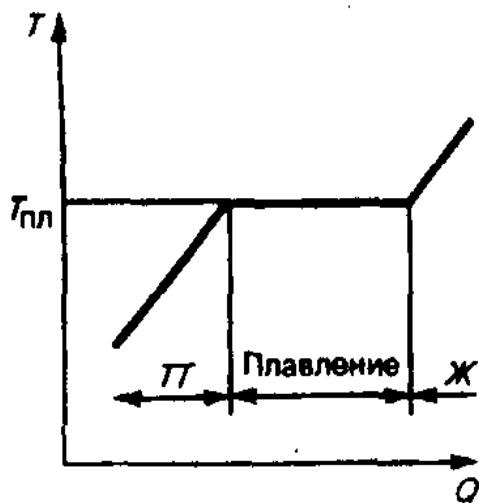
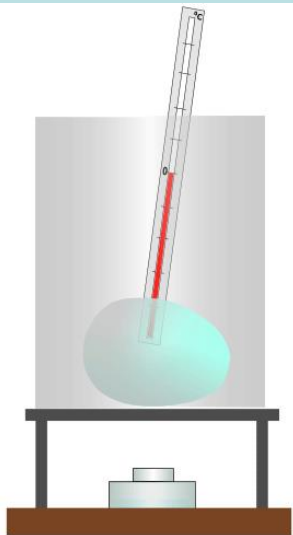


## *Сфери застосування рідких кристалів:*

- цифрова індикація;
- перетворення інфрачервоного випромінювання на видиме;
- виготовлення плоских екранів моніторів;
- термоіндикація;
- ультразвукова медична діагностика.



Якщо рідину охолоджувати, то спочатку її температура буде зменшуватися, доки не досягне температури за якої почнеться кристалізація рідини. Після завершення кристалізації, подальше відбирання теплоти від кристалу призведе до зниження його температури.



Для кристалізації речовини необхідним є наявність **центрів кристалізації** – кристалічних вкраплень (зародків кристалів) якими можуть бути не лише кристалики даної речовини, але й домішки, пил, сажа тощо.



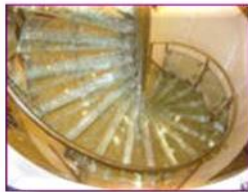
Відсутність центрів кристалізації у чистій рідині перешкоджає утворенню мікрокристаліків, і речовина, залишаючись у рідкому стані, охолоджується до температури, меншої за температуру кристалізації – утворюється **переохолоджена рідина**.



Зазвичай переохолодження розплаву відбувається протягом часток або десятків градусів, але для ряду речовин може досягати сотень градусів.

Через значну в'язкість сильно переохолоджені рідини гублять текучість, але як і тверді тіла зберігають свою форму.

Ці тіла називають *аморфними твердими тілами*. До них відносять смоли, сургуч, скло.



*скло*



*янтар*



*каніфол*



*цукерки*



*кремнезем*



*ь*

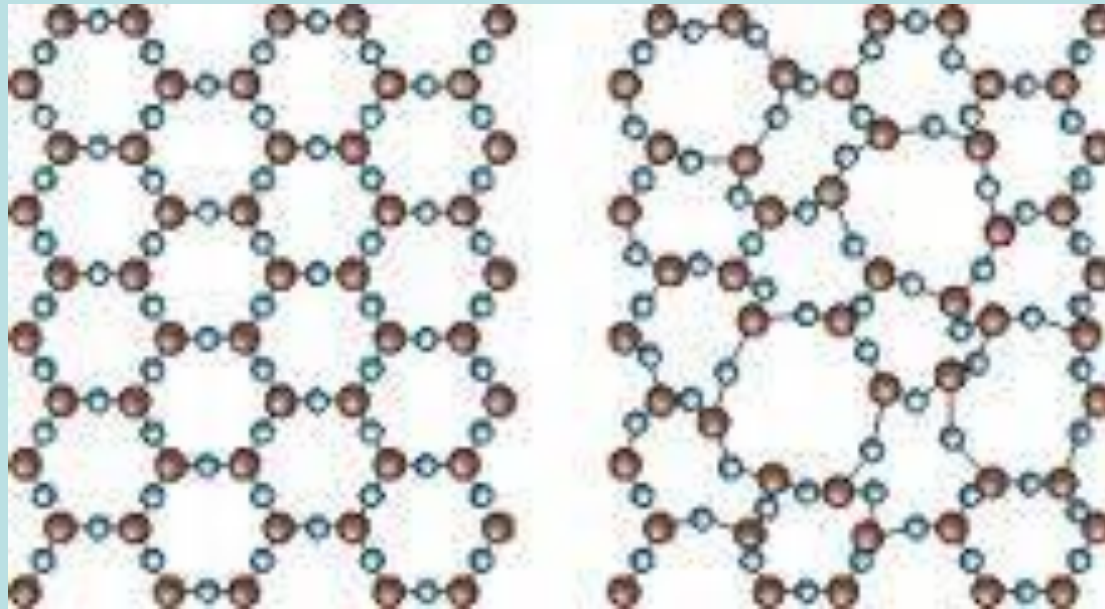


*смола*

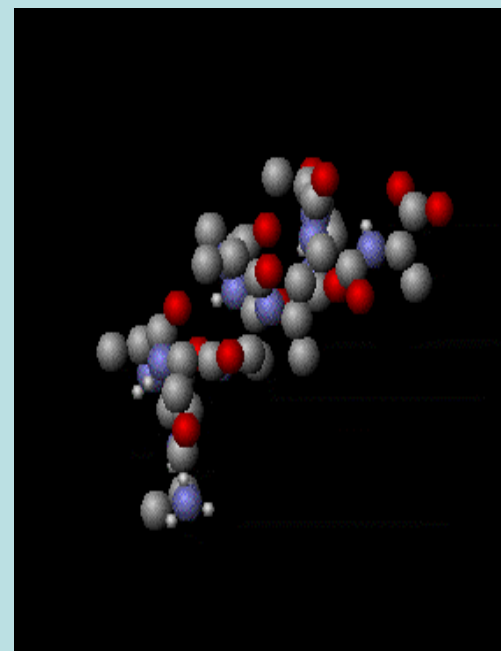


*Аморфні тверді тіла* – це переохолоджені рідини, вони ізотропні, тобто їх властивості у всіх напрямках однакові, мають ближній порядок у розташуванні молекул, але на відміну від рідин, рухливість частинок аморфних тіл мала.

Особливою властивістю аморфних тіл є відсутність точки плавлення.



**Полімери** – органічні аморфні тіла, молекули яких складаються із великої кількості однакових довгих молекулярних ланцюжків, з'єднаних хімічними (валентними) зв'язками. До полімерів відносять як природні (крохмаль, білок, каучук, клітчатка тощо), так і штучні (пластмаса, гума, полістирол, лавсан, капрон і т. д.) органічні речовини.



Полімерам властиві міцність і еластичність (деякі полімери витримують розтяг, що у 5-10 раз перевищує їх початкові розміри). Це пояснюється тим, що довгі молекулярні ланцюжки можуть при деформаціях або згортатися у щільні клубки, або витягуватися у пряму лінію.



# 10. Уявлення про старіння та довговічність матеріалів.

**Старінням матеріалів** називають необоротні процеси у фізичних і хімічних перетвореннях матеріалу, що відбуваються під дією зовнішніх фізичних, хімічних і біологічних факторів, які викликають погіршення електричних і механічних властивостей матеріалу.



Старіння характеризують зміною в часі структури та якості будівельних матеріалів (металів, бітумів, полімерних матеріалів тощо) під дією різних факторів у процесі експлуатації.

*До фізичних (природних) факторів старіння відносять:*

- зміну температури,
- дію ультрафіолетового випромінювання і озону (світлостійкістю і озоностійкістю мають володіти ізолятори на лініях електропередач для запобігання деструкції полімерів),
- вітрові навантаження (“пляска проводів” при поривах вітру, “парусність” опор і проводів призводять до їх деформацій і руйнацій).

**Довговічність** — це здатність матеріалу служити довгий час у конкретних кліматичних і виробничих умовах у встановленому режимі експлуатації без втрати експлуатаційних якостей.

Довговічність характеризує властивість матеріалу (виробу) з необхідними перервами на ремонт зберігати робочу здатність до граничного стану, який характеризується ступенем руйнування виробу, вимогами безпеки й економічної доцільності. Довговічність оцінюють допустимим строком служби. Наприклад, нормативними документами для залізобетонних виробів установлені три ступені довговічності:

1 — не менш як 100 років,

2 — не менш як 50 років,

3 — не менш як 20 років.

# Лекція № 5

## РЕАЛЬНІ ГАЗИ. РІДИНИ. ТВЕРДІ ТІЛА

1. Сили та потенціальна енергія міжмолекулярної взаємодії
2. Агрегатні стани речовини
3. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса
4. Метастабільні стани
5. Насичена та ненасичена пара. Вологість повітря
6. Поверхневий натяг, капілярні явища
7. Властивості кристалів, будова їх кристалічних решіток
8. Дефекти кристалічних решіток
9. Рідкі кристали. Аморфні речовини. Будова полімерів
10. Уявлення про старіння та довговічність матеріалів
11. Фази та фазові перетворення