

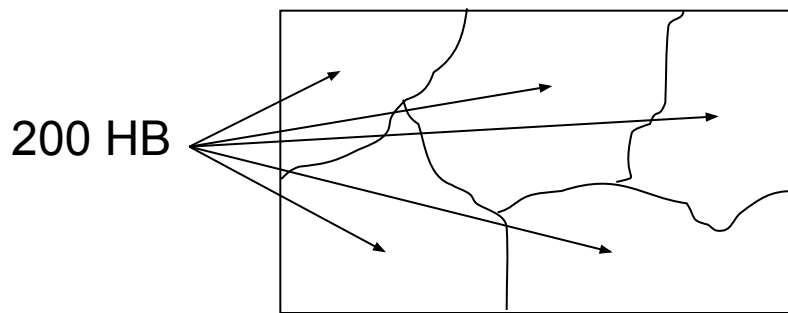
# Основи теорії сплавів

1. Основні типи фаз в сплавах та їх властивості.
2. Основні типи діаграм стану подвійних сплавів.
3. Типи трифазних реакцій.
4. Подвійна діаграма стану Fe-C.

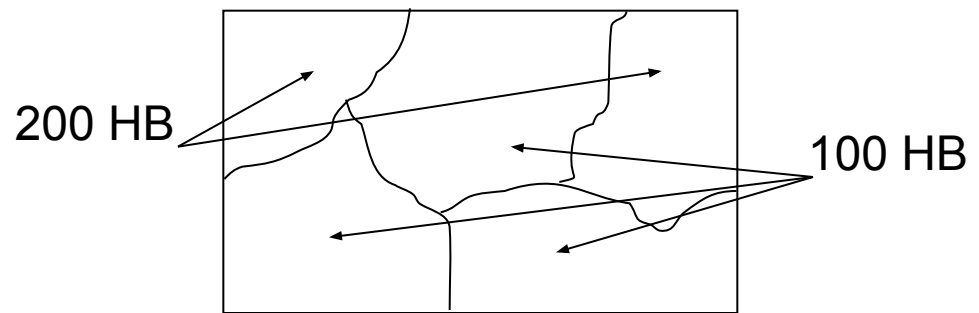
# 1. Основні типи фаз в сплавах та їх властивості.

Основу властивостей металевих сплавів визначає *фазовий склад* і *структура* сплавів.

**Фаза** – це однорідна за складом і будовою частина сплаву, що відокремлюється від інших частин поверхнею розділу, при переході через яку стрибкоподібно змінюється хімічний склад і властивості.



Одна фаза

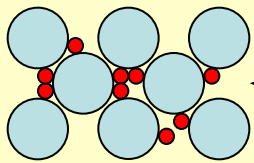


Дві фази

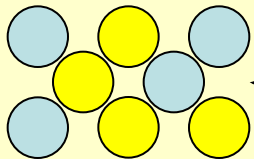
# Види фаз у твердому стані

## первинні тверді розчини

Утворюються при розчиненні компонентів один в одному.



← проникнення  
(Me+ C,N,B,H)



← заміщення

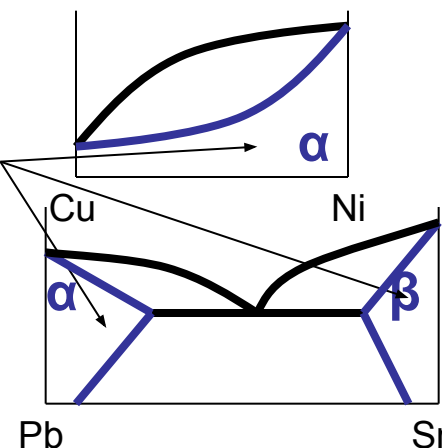
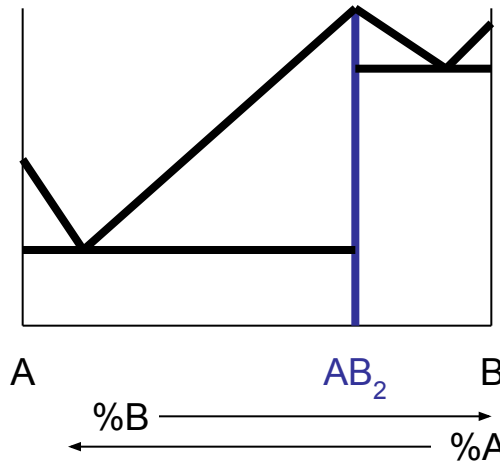
## проміжні фази на базі хімічних сполук

Являють собою хімічні сполуки як металів з неметалами, так і металів між собою, а також тверді розчини на основі таких сполук, які утворюються внаслідок хімічної взаємодії компонентів.

# Характеристика твердих фаз

тип фази характеристика	Первинні тверді розчини	Хімічні сполуки
<b>Хімічна взаємодія</b>	немає	є
<b>Тип міжатомного зв'язку</b>	металевий	складний
<b>Будова</b>	Зберігається кристалічна решітка основного метала	Утворюється нова кристалічна решітка
<b>Властивості</b>	Пластичність	Твердість
<b>Хімічний склад</b>	Змінний	Сталий

# Позначення твердих фаз

тип фази позначення	Первинні тверді розчини	Хімічні сполуки
Позначення	Умовне : $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$	Хімічною формулою : $\text{FeS}$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{Fe}_3\text{C}$
Позначення на діаграмі стану	<p>Область, яка домикає до чистого елемента</p> <p>Області твердих розчинів</p> 	<p>Вертикальна лінія</p> 

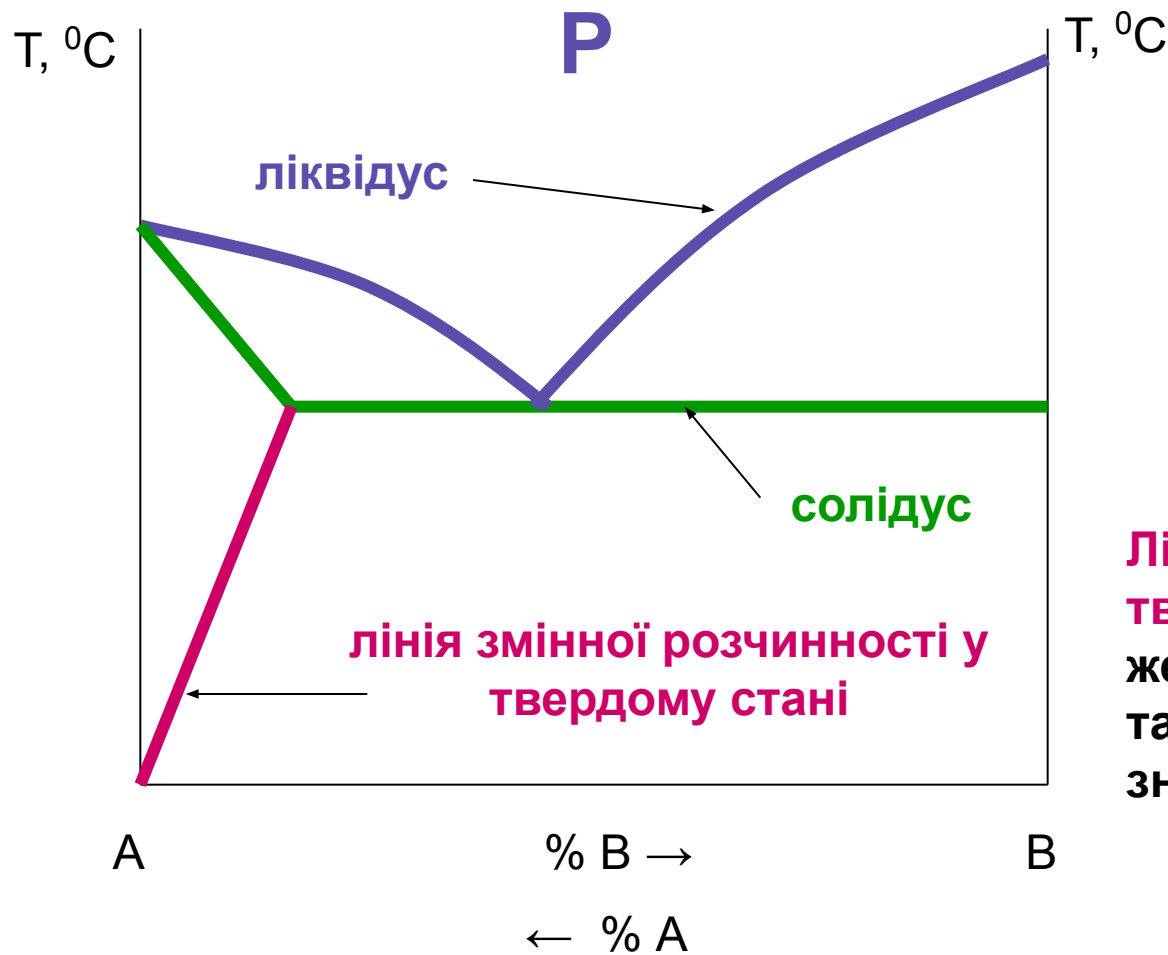
## 2. Основні типи діаграм стану подвійних сплавів.

Діаграми стану характеризують графічну залежність між складом фаз, температурою і концентрацією компонентів, що складають систему (компонентами можуть бути чисті елементи або хімічні сполуки).

Температура, °C

A (100%)      →%B  
%A←      B (100%)

# Значення ліній діаграм стану

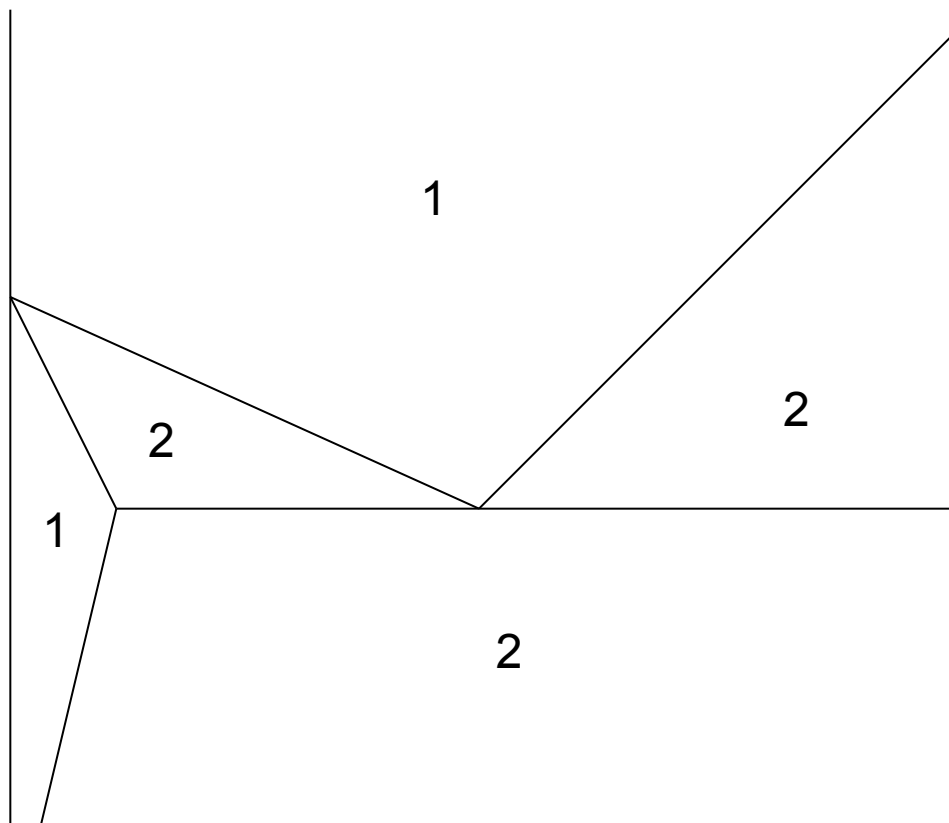


**Ліквідус** – показує температури початку кристалізації сплавів

**Солідус** – показує температури кінця кристалізації сплавів

**Лінія змінної розчинності у твердому стані** – показує зниження концентрації компонента В у твердому розчині при зниженні температури

# Позначення фазових областей на діаграмах стану





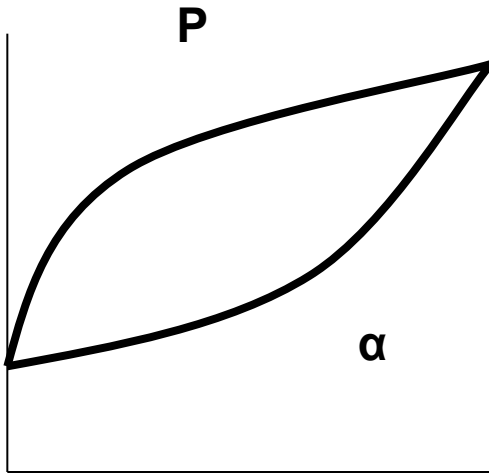
# Значення діаграм стану

Діаграми стану відіграють важливу роль у визначенні **технологічних** та **експлуатаційних** властивостей сплавів, які щільно пов'язані із фазовим складом і структурою сплаву.

Знання діаграм стану дозволяє:

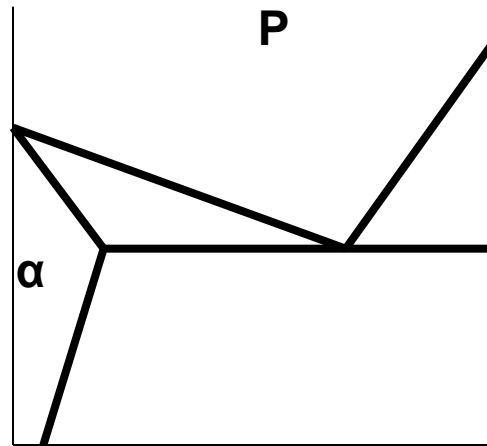
- уявити повну картину формування фазового складу будь-якого сплаву,
- визначити оптимальну температуру заливання сплаву для отримання литих деталей, оцінити рідкотекучість вибраного сплаву та можливість виникнення хімічної неоднорідності,
- визначити можливість та умови обробки тиском,
- визначити режими термічної обробки.

# Види двокомпонентних діаграм стану



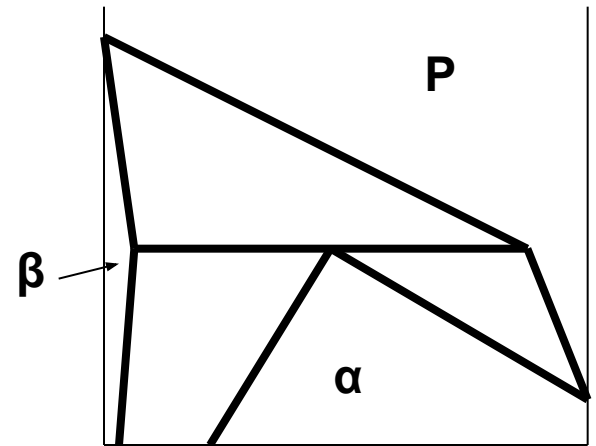
I

з необмеженою розчинністю у рідкому і твердому стані



II

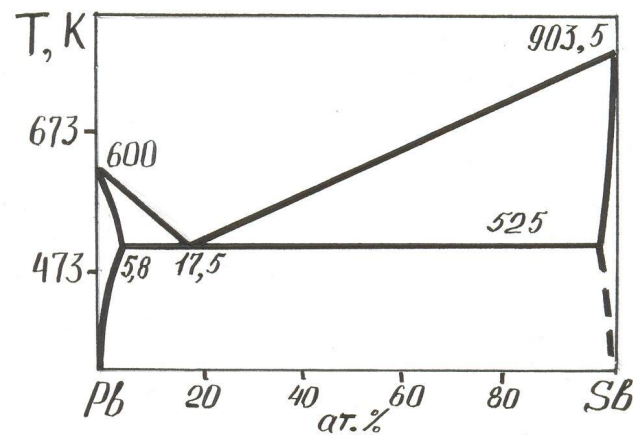
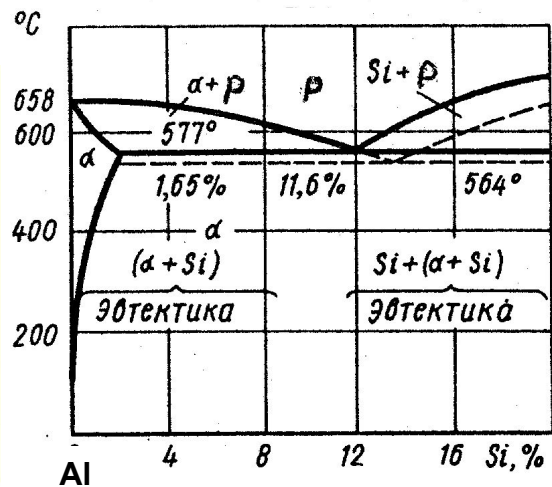
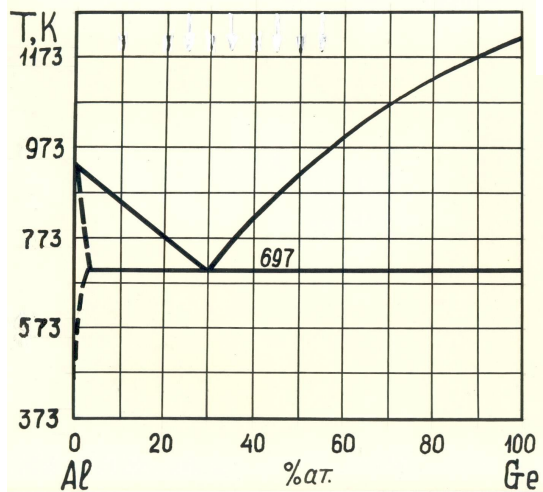
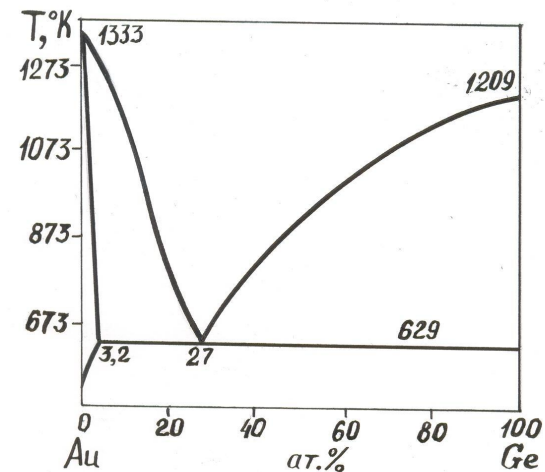
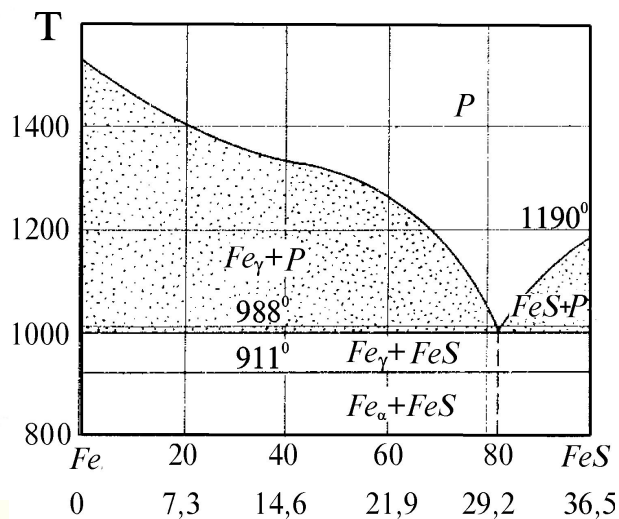
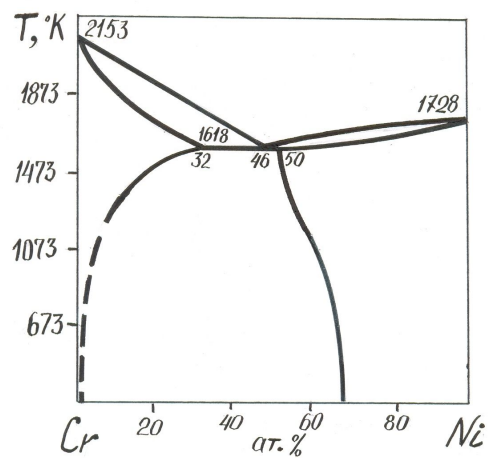
з необмеженою розчинністю у рідкому стані та евтектичним перетворенням



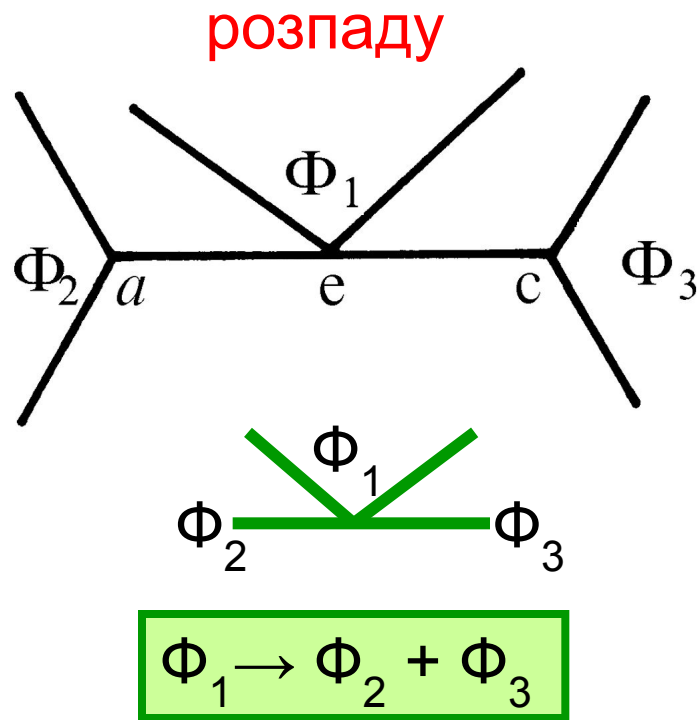
III

з необмеженою розчинністю у рідкому стані та перитектичним перетворенням

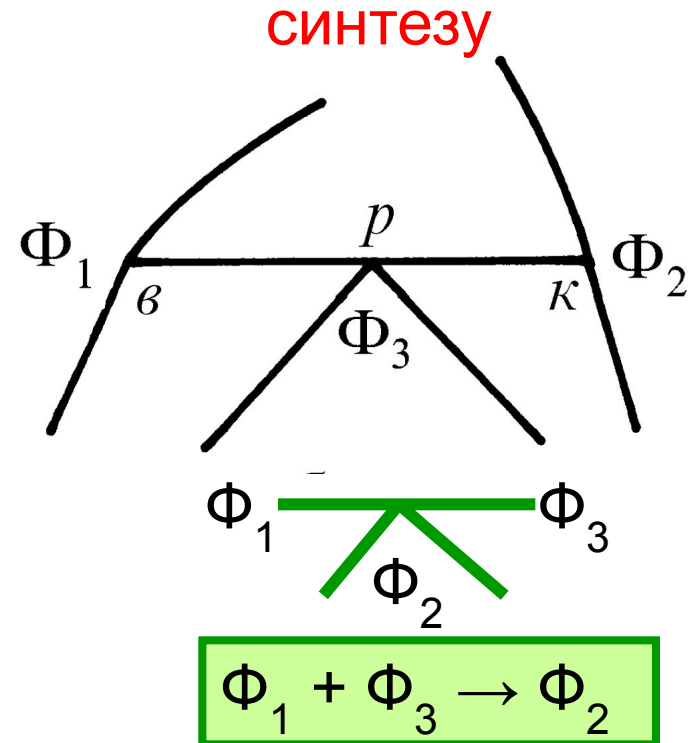
# Реальні діаграми стану



# 3. Типи трифазних реакцій.



евтектичне,  
евтектоїдне



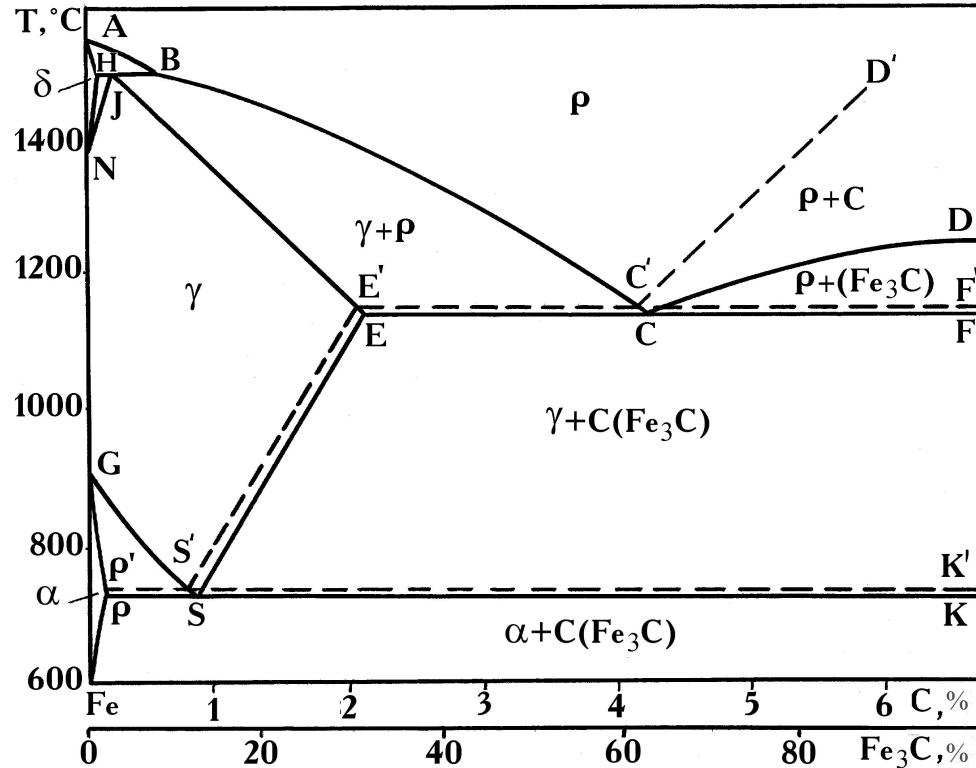
перитектичне,  
перитектоїдне

Трифазні реакції позначені на діаграмі стану **горизонтальною** лінією.

# 4. Подвійна діаграма стану Fe-C.

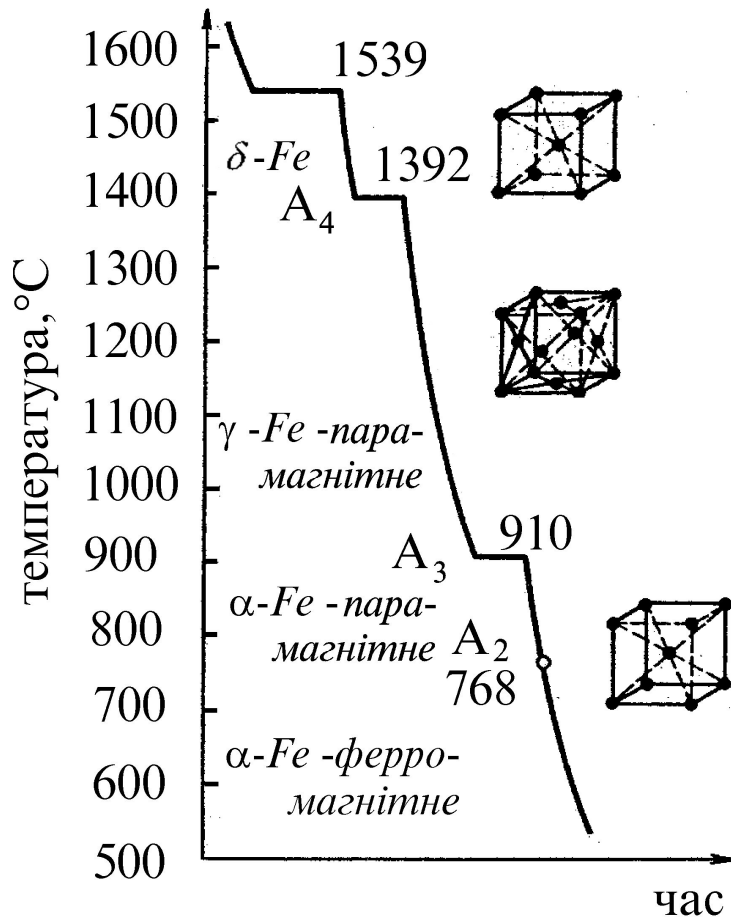
стабільна Fe-C  
(залізо-графіт) \_\_\_\_\_

метастабільна Fe-Fe<sub>3</sub>C  
(залізо-цементит) \_\_\_\_\_



# Компоненти Fe-C сплавів: Fe і C

Крива охолодження заліза



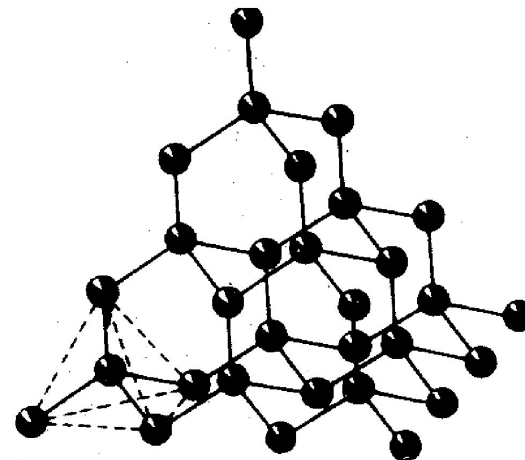
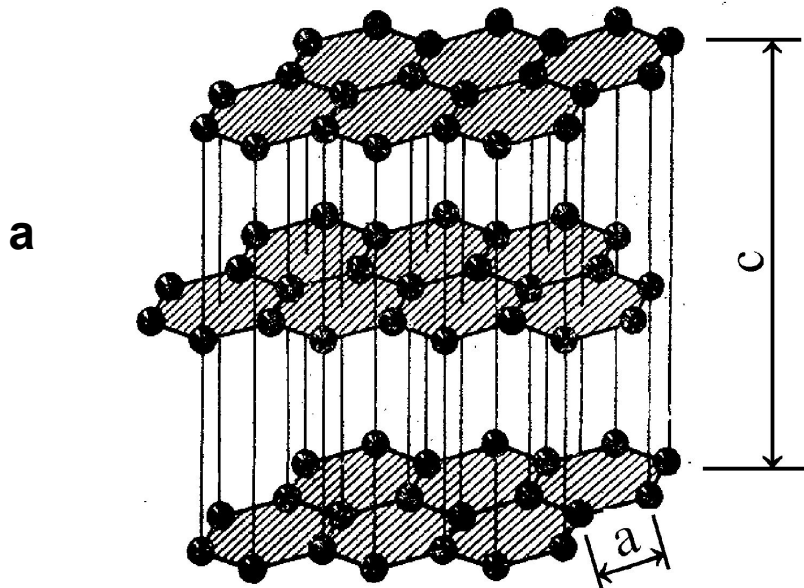
**Залізо** - це сріблясто-сірий металевий елемент, що має атомний номер 26, його атомний радіус становить 0,127 нм, атомна маса дорівнює 55,85, густина становить 7,86 г/см<sup>3</sup>. Технічне залізо містить 99,8...99,9 % Fe, плавиться при температурі 1539<sup>0</sup>С, міцність його дорівнює 200...250 Мн/м<sup>2</sup>, твердість НВ 60...80, відносне видовження 40...50 %, відносне звуження 80 %. При температурі нижчій за 768<sup>0</sup>С залізо феромагнітне.

Поліморфний елемент, який в залежності від температури може мати кристалічні решітки ОЦК і ГЦК.

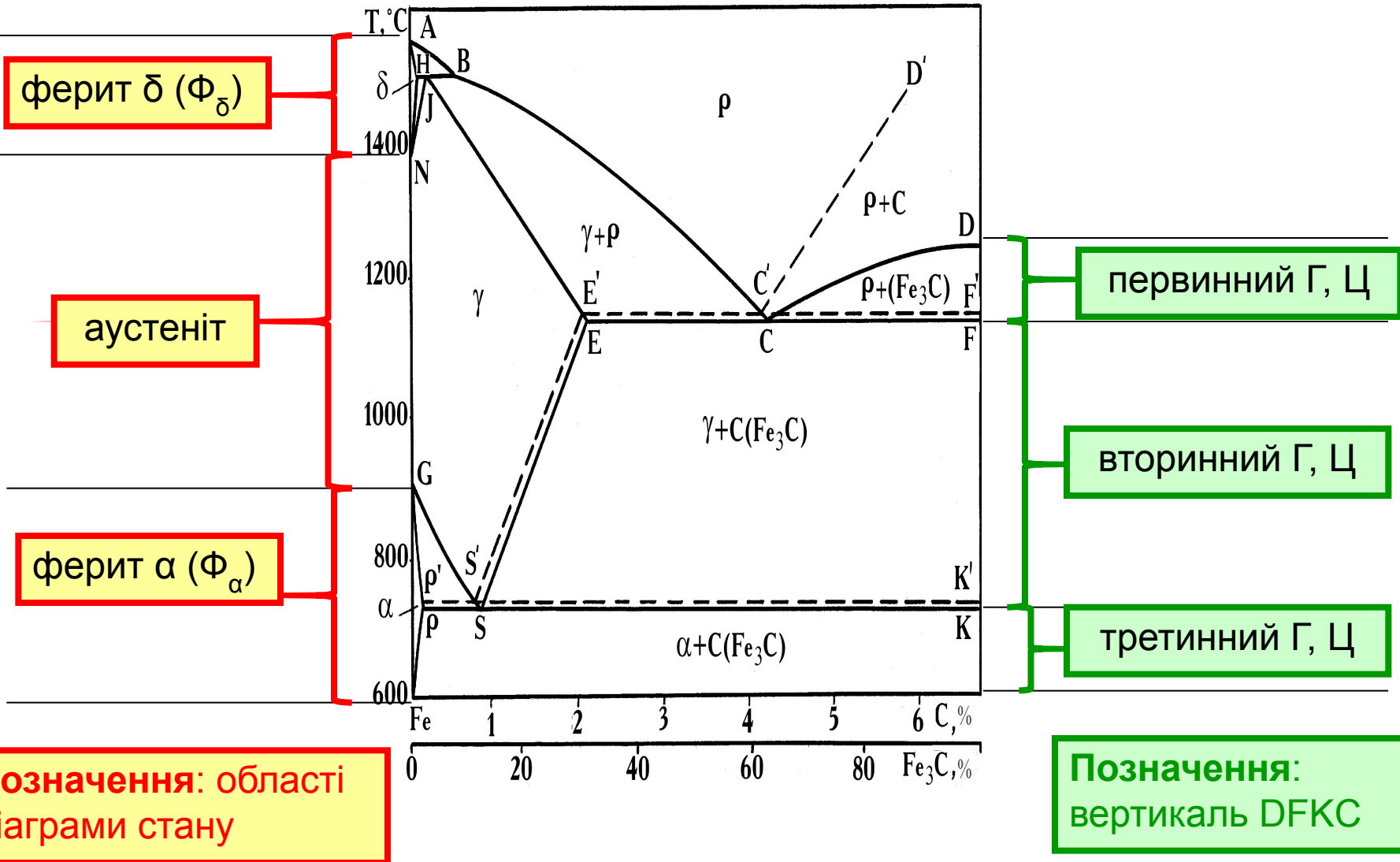
**Вуглець** - це неметалевий елемент з температурою плавлення  $3500^{\circ}\text{C}$ ; атомний номер 6, атомна маса 12, з атомний радіус 0,077 нм; поліморфний: існує у вигляді графіту або алмазу.

**Графіт** має гексагональну шарувату решітку (а). В шарі ковалентний зв'язок, міжатомні відстані невеликі 0,14 нм. Між шарами відстані великі 0,34 нм, четверті електрони кожного атома колективізуються, що й надає графіту металічність: високу електро- і теплопровідність та непрозорість. Таким чином, графіт має складний **ковалентно-металевий** міжатомний зв'язок.

**Алмаз** має тетраедричну решітку (б), де відстані між кожними двома атомами дорівнюють 0,1545 нм. Через надзвичайно сильний **ковалентний** міжатомний зв'язок має високу твердість.



# Фази Fe-C сплавів





# Характеристика фаз Fe-C сплавів

## Фази на основі заліза:

$\Phi_\alpha$ ,  $\Phi_\delta$ , A – тверді розчини **проникнення** відповідно у залізі  $\alpha$  (ОЦК),  $\delta$  (ОЦК) і  $\gamma$  (ГЦК).

## Основні властивості **феритів**:

- низька твердість 60...80 НВ і міцність 250...270 МПа,
- висока пластичність: відносне видовження 30...40 %, звуження до 70 %;
- $\Phi_\alpha$  магнітний на відміну від  $\Phi_\delta$ .

## Властивості **аустеніту**:

- твердість 170...200 НВ;
- міцність 500...800 МПа;
- відносне видовження 30...40 %;
- немагнітний.

## Високовуглецеві фази:

Г – графіт - модифікація чистого вуглецю.

Властивості:

- м'який та маломіцний.

Ц(цементит) - хімічна сполука, карбід заліза  $Fe_3C$ , що містить 6,67 %C ваг. Температура плавлення  $1250^\circ C$ ; кристалічна решітка складна: орторомбічна шарувата з явно вираженою анізотропією зв'язку. Міжатомний зв'язок складний – ковалентно-металічний, що пояснює його високу твердість (НВ 800) та крихкість. Має дуже слабкі феромагнітні властивості нижче  $210^\circ C$ . Метастабільний: При нагріві розкладається на Fe і Г.

# Класифікація Fe-C сплавів

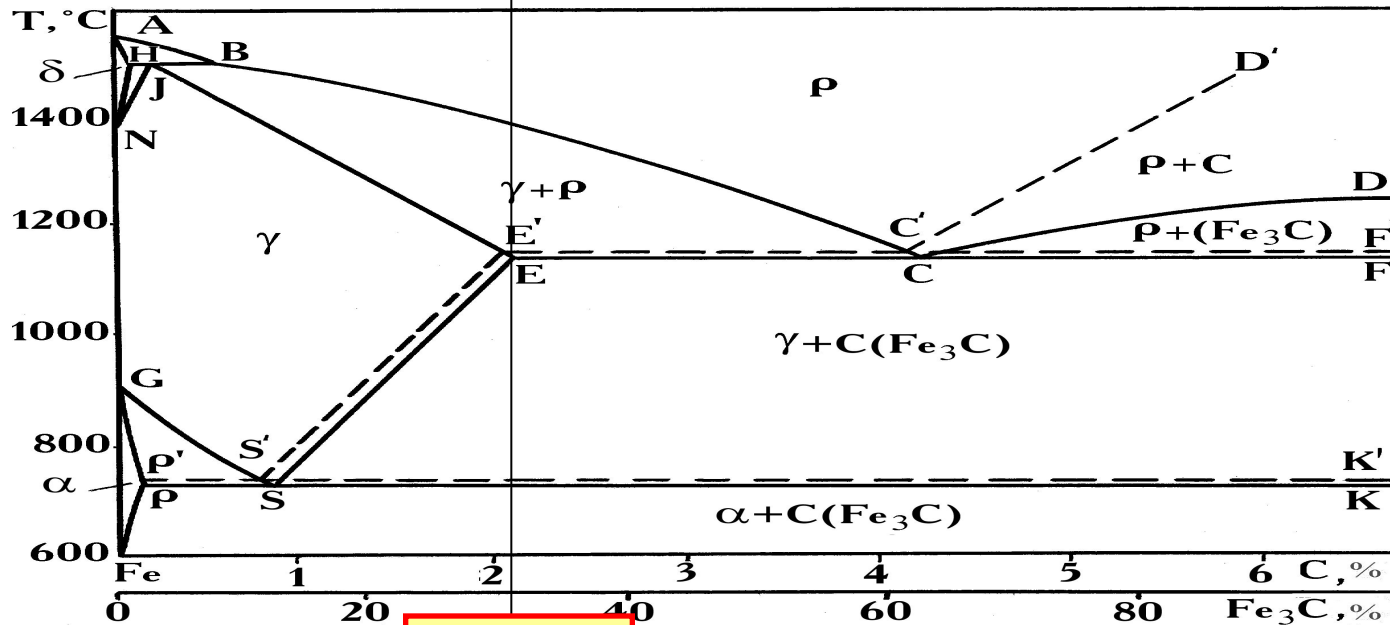
За технологічними властивостями Fe-C сплави розділяють на:

Сталі (деформівні сплави)

% C < 2,14

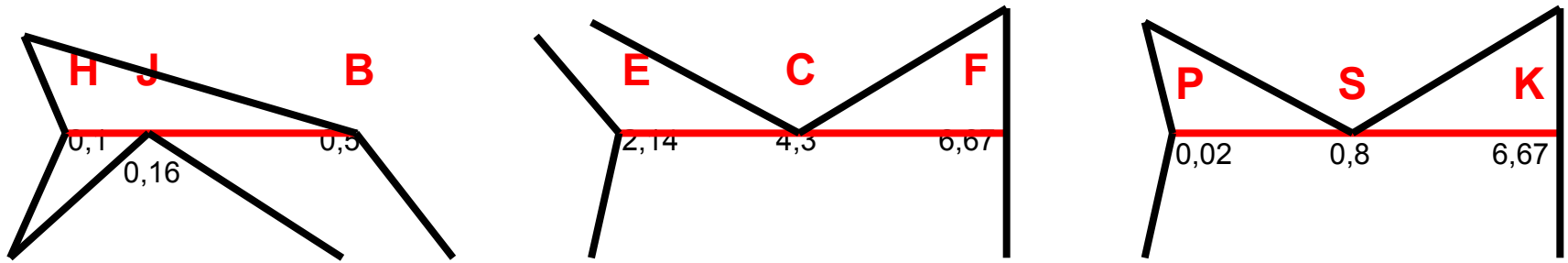
Чавуни (ливарні сплави)

% C > 2,14



2,14% C

# Основні трифазні перетворення:



**HJB** – перитектичне перетворення за фазовою реакцією  $\Phi_{\alpha 0,1} + P_{0,5} \rightarrow A_{0,16}$ .  
Відбувається у сплавах з вмістом вуглецю  $0,1 < \%C < 0,5$ .

**ECF** – евтектичне перетворення за фазовою реакцією  
1) за метастабільною діаграмою стану (залізо-цементит):



2) за стабільною діаграмою стану (залізо-графіт):



Відбувається у сплавах з вмістом вуглецю більше 2,14%.

Є **основним** перетворенням у **чавунах**.

**PSK** – евтектоїдне (перлітне) перетворення за фазовою реакцією



Відбувається у сплавах з вмістом вуглецю більше 0,02%.

Є **основним** перетворенням у **сталях**.

# Критичні точки у твердому стані

Критична точка	Лінія діаграми стану	Фазове перетворення
$A_0$	$210^{\circ}\text{C}$	Втрата магнітних властивостей $\zeta$ при нагріві й набування при охолодженні
$A_1$	PSK	Евтектоїдне перетворення $A \leftrightarrow \text{П}$
$A_2$	$768^{\circ}\text{C}$	Втрата магнітних властивостей Fe при нагріві й набування при охолодженні.
$A_3$	GS	Поліморфне перетворення $\Phi_{\alpha} \leftrightarrow A$
$A_4$	NH	Поліморфне перетворення $A \leftrightarrow \Phi_{\delta}$
$A_{\text{cm}}$	ES	Розчинення вторинного $\zeta_{\text{II}}$ при нагріві і виділення при охолодженні $A_{2,14} \leftrightarrow A_{0,8} + \zeta_{\text{II}}$