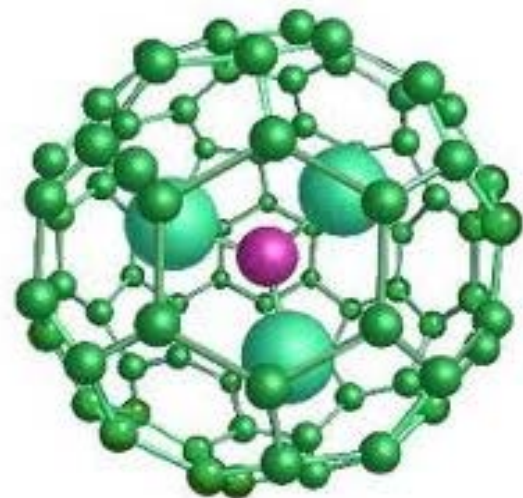


# STABILNI DIJAGRAM STANJA

Aleksandra Boričić



57°



Temperature

Hot chocolate

Vanilla malt & chocolate

Chocolate malt & chocolate

$\alpha$   
(vanilla)

40°

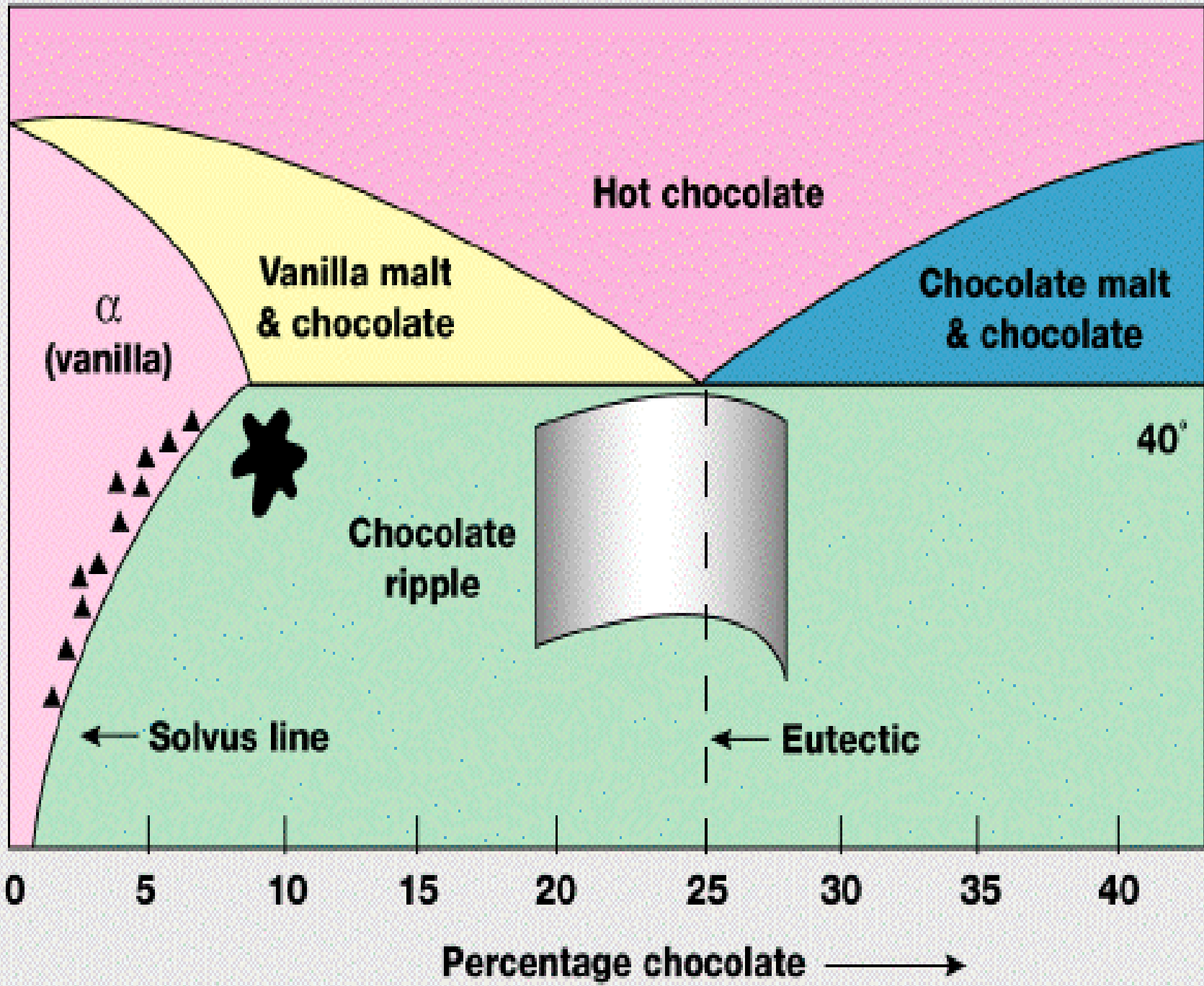
Chocolate ripple

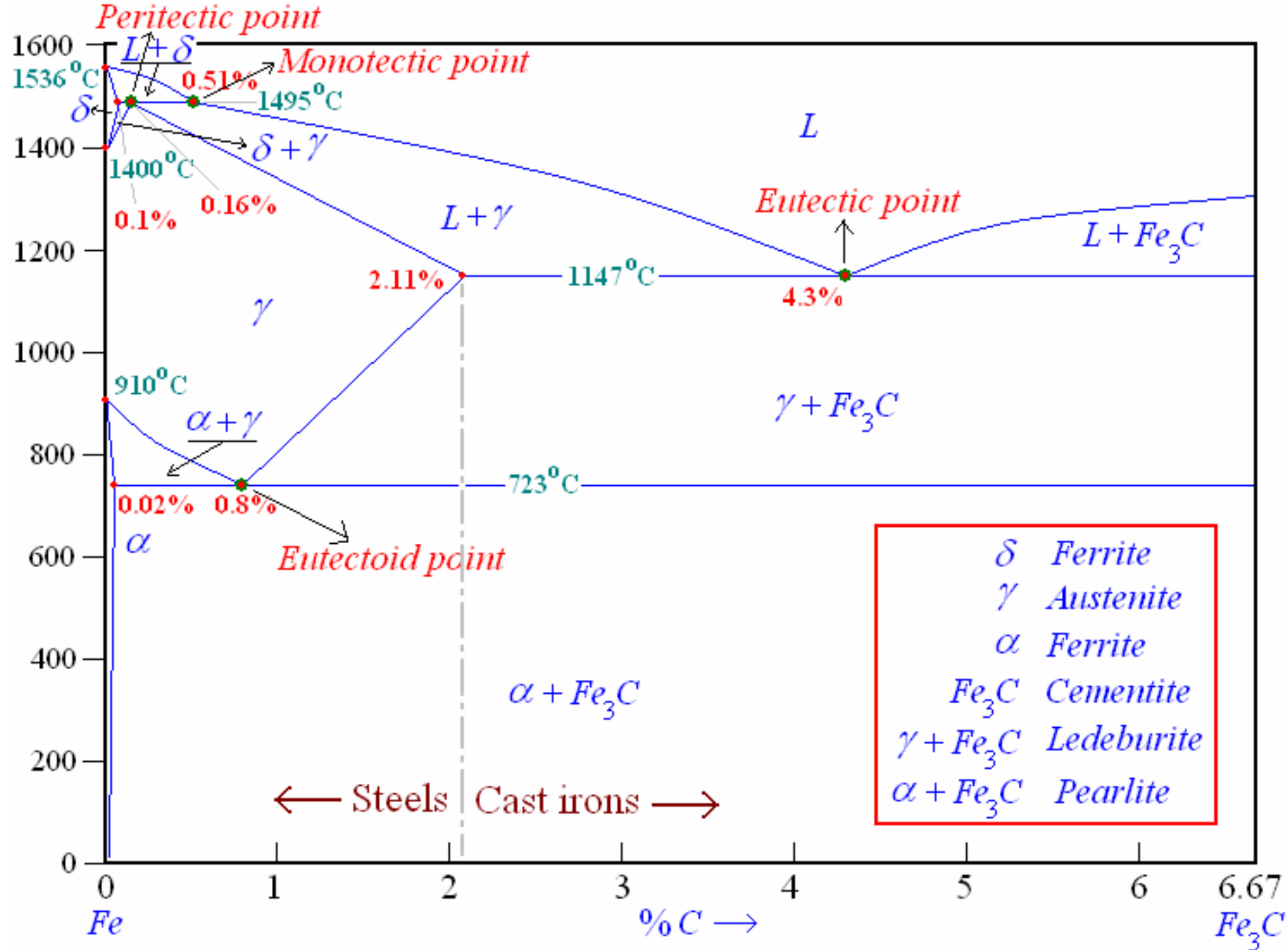
Solvus line

Eutectic

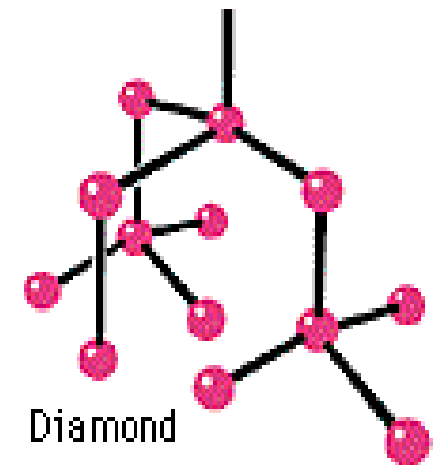
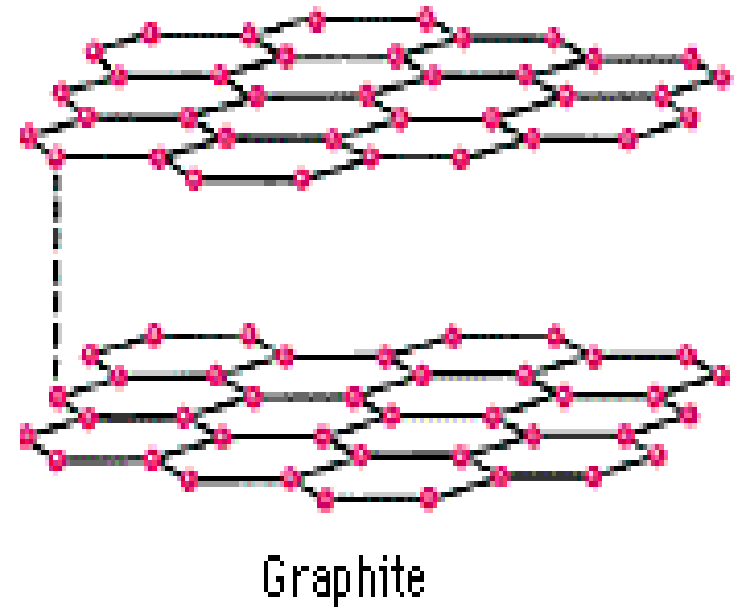
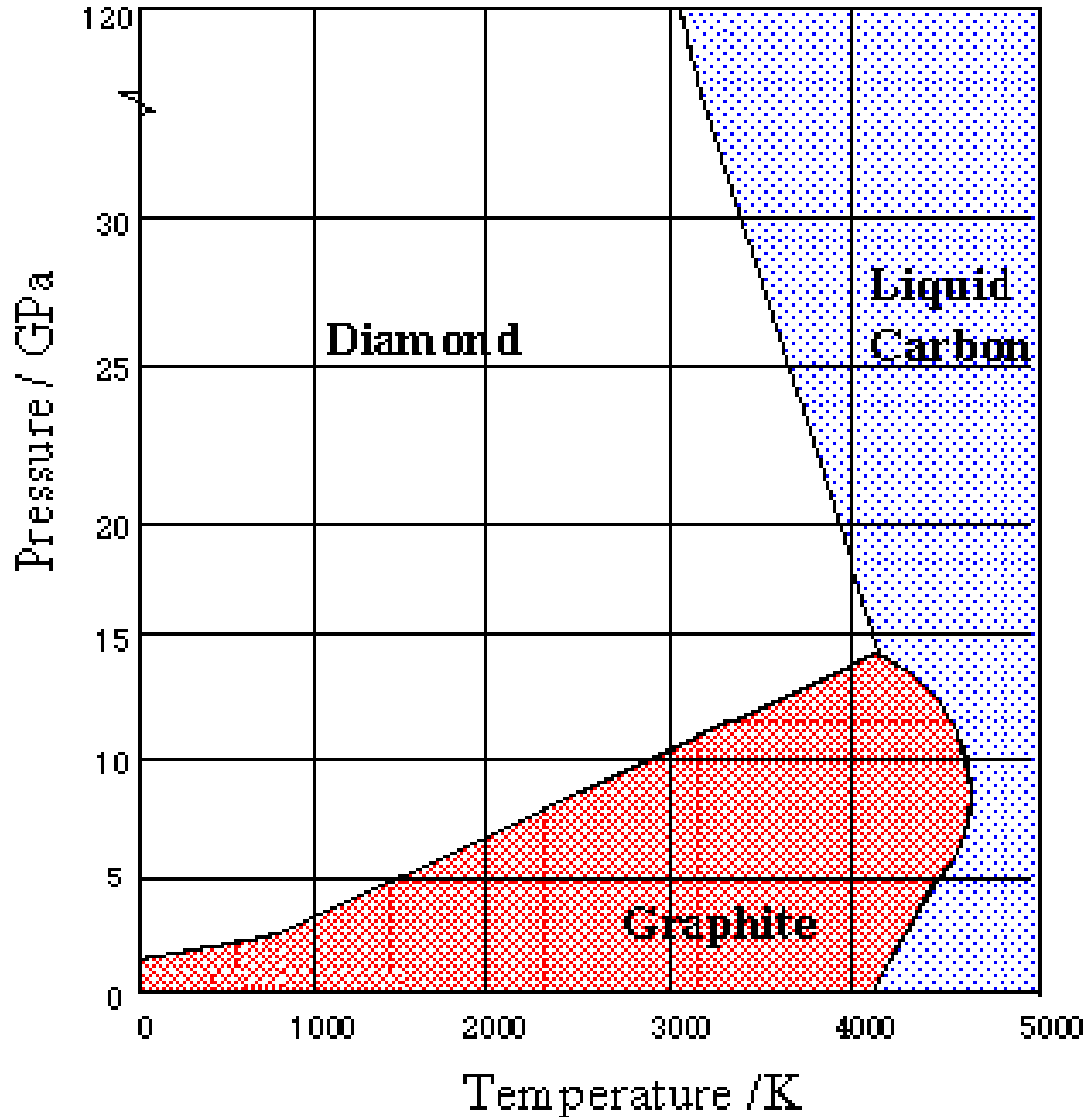
0 5 10 15 20 25 30 35 40

Percentage chocolate





# Fazni diagram pritisak- temperatura



# Stabilan sistem Fe-C

- Binarni fazni dijagram u kome su faze komponente gvožđe i grafit.
- Kristalizacija:
  - više temperature,
  - veći sadržaj C i
  - male brzine hlađenja.

# Stabilan sistem Fe-C

Opisuje kristalizacije i prekrystalizacije:

- sivog livenog gvožđa,
- sivog sirovog gvožđa i za opis toka
- grafitizacije pri kojem dolazi do raspada metastabilnog karbida gvožđa–cementita.

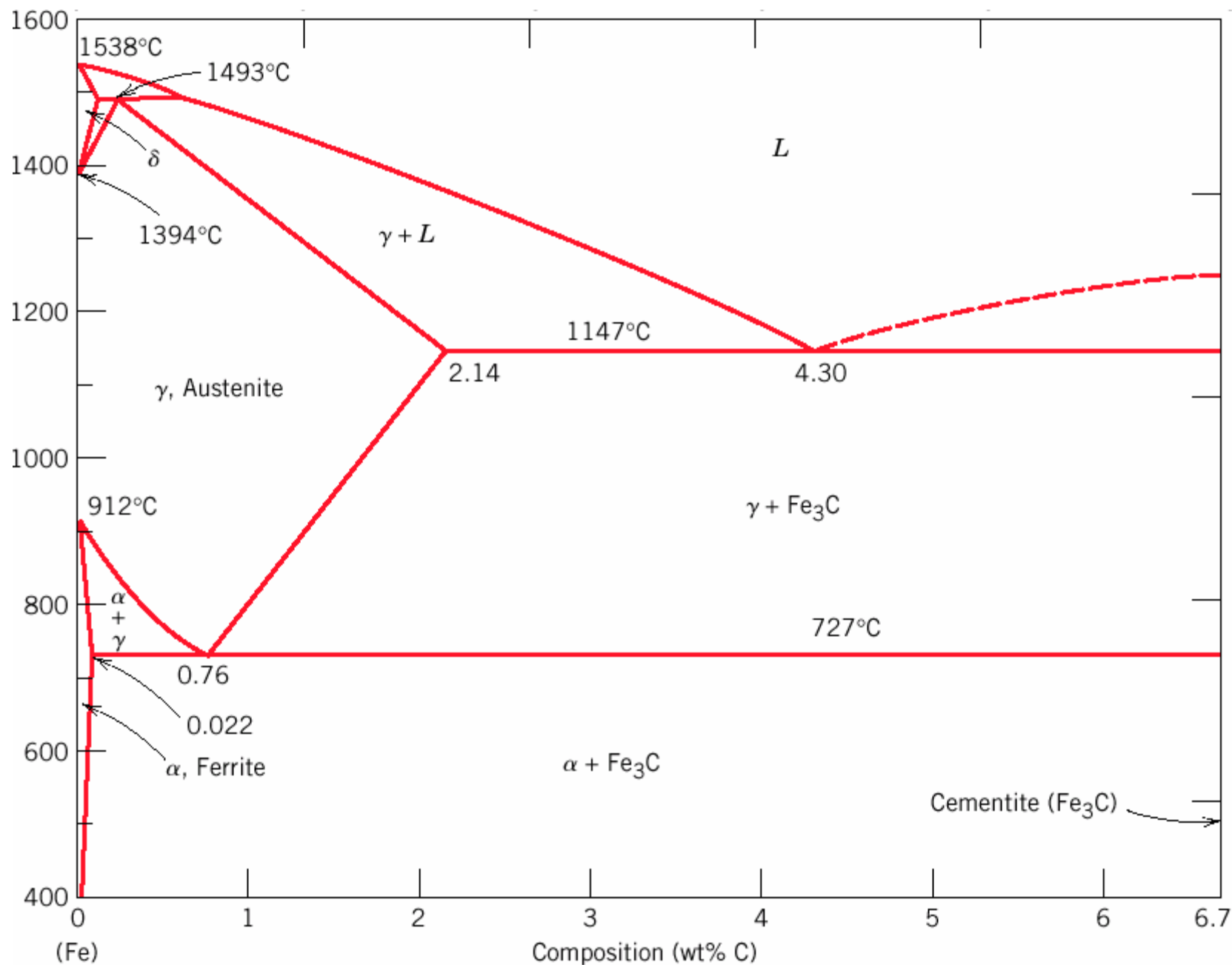
# Stabilan sistem Fe-C

- Stabilan oblik ugljenika u legurama Fe–C jeste grafit.
- U stabilnom sistemu nema ledeburita, sekundarnog cementita, perlita, itd.
- Kada se neka od ovih strukturalnih komponenata pojavi u strukturi legura Fe–C, to znači da se promena pri hlađenju takvih legura ne odvija u skladu sa stabilnim sistemom, bilo u potpunosti ili samo u jednom delu prema metastabilnom sistemu.

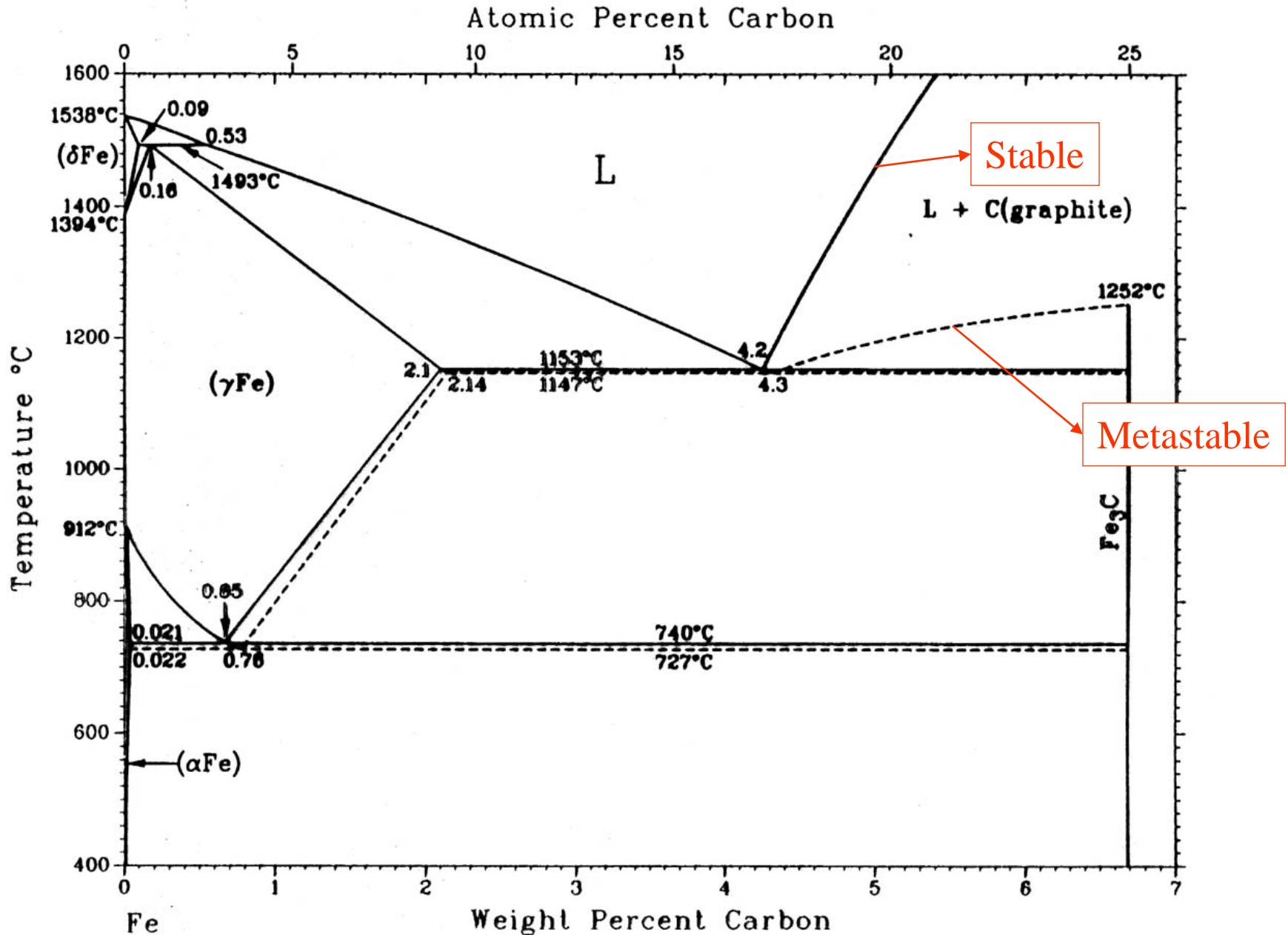
# Stabilan sistem Fe-C

- U tehničkim legurama, koje su kompleksne legure, pored **brzine hlađenja** ima znatan uticaj takođe i **hemijski sastav**, tj. količina grafitizirajućih elemenata (Si) i elemenata koji stabilizuju cementit (Mn, Cr).
- U legurama sa povećanim sadržajem elemenata koji potpomažu pojavu karbida gvožđa, biće i pri veoma maloj brzini hlađenja odgovarajuća rezultujuća struktura melastabilnog sistema Fe–Fe<sub>3</sub>C. Bude li, suprotno tome, u leguri preovlađujući uticaj grafitizacionih elemenata, odvijaće se kristalizacija i prekrystalizacija u skladu sa slabim sistemom i pri povećanoj brzini hlađenja.





# Stabilan sistem Fe-C



# Sivo liveno gvožđe

∈ [2.4% (for good castability), 3.8 (for OK mechanical properties)]

< 1.25% → Inhibits graphitization

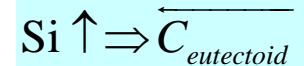
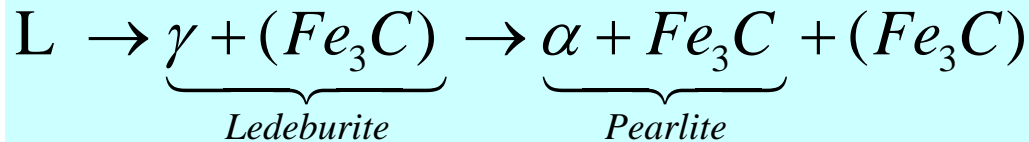
< 0.1% → retards graphitization; ↑ size of Graphite flakes

□ Fe-C-Si + (Mn, P, S)

→ *Invariant lines become invariant regions in phase diagram*

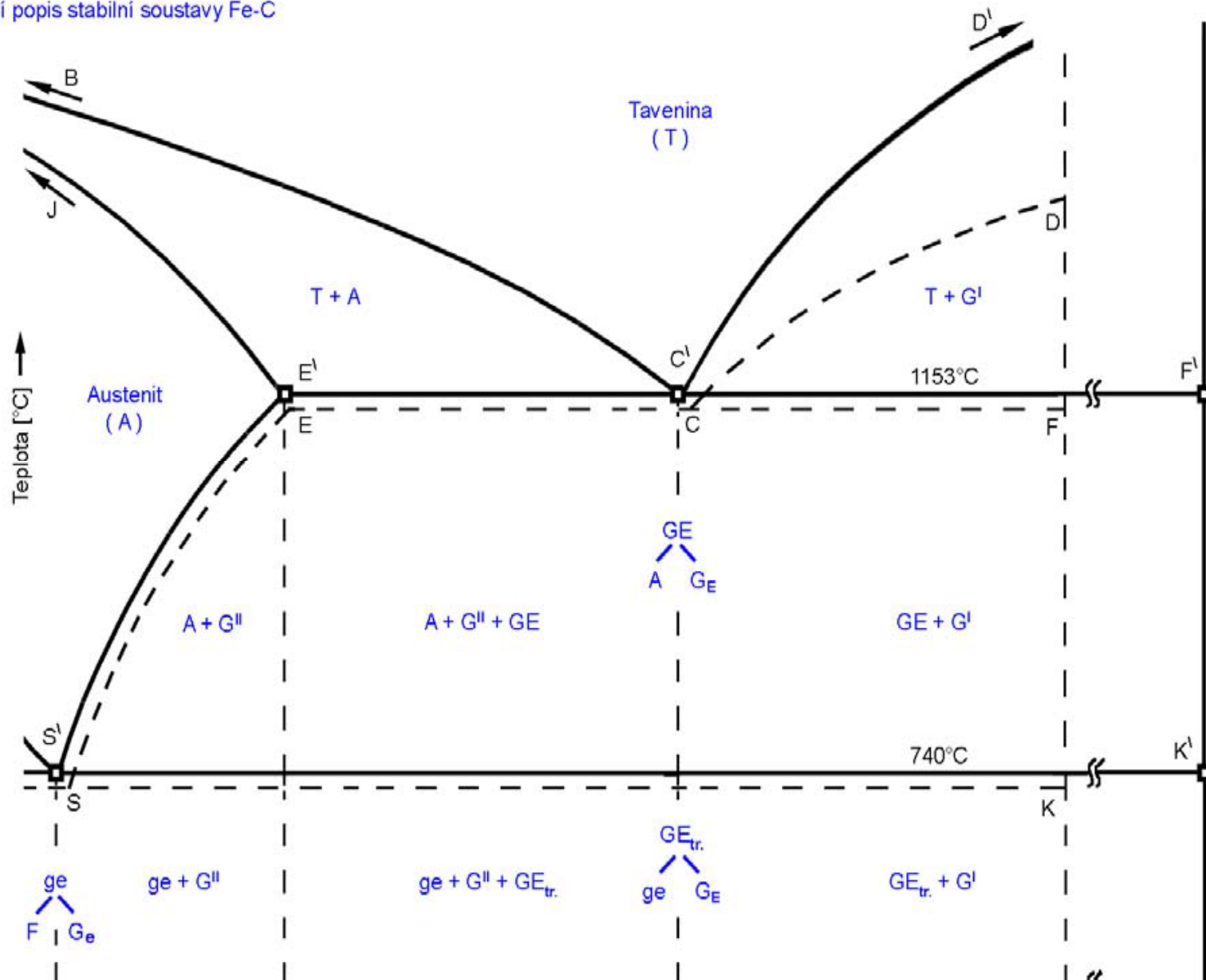
□ Si ∈ (1.2, 3.5) → C as Graphite flakes in microstructure (Ferrite matrix)

↑ volume during solidification ⇒ better castability



- Si decreases Eutectivity
- Si promotes graphitization → ~ effect as ↓ cooling rate
- Solidification over a range of temperatures permits the nucleation and growth of Graphite flakes
- Change in interfacial energy between  $\gamma/L$  & Graphite/L brought about by Si
- Growth of Graphite along 'a' axis

Obr.1 Strukturní popis stabilní soustavy Fe-C



Kristalizacija legure I (podeutektičko sivo liveno gvožđe) počinje na krivoj likvidus (BC');

Iz rastopa se izlučuju prvi kristali austenita sastava koji daje tačka na krivoj JE'.

Pri padu temperature raste sadržaj austenita čiji se sastav menja prema krivoj JE', a smanjuje se količina rastopa čiji sastav odgovara za datu temperaturu tački na krivoj BC'.

Na eutektičkoj temperaturi austenit dostiže graničnu koncentraciju datu tačkom E' (2.11% C) i u ravnoteži je sa rastopom koncentracije date tačkom C' (4.26% C).

Rastop sa eutektičkom koncentracijom očvršćava na konstantnoj temperaturi, pri kojoj su u ravnoteži tri faze i gde se odvija eutektička promena:

Rastop = austenit + grafit (eutektički).



Stvorena eutektička smeša austenita i kristalastih lamela eutektičkog grafita naziva se **grafitni eutektikum** (za razliku od cementitnog eutektikuma – ledeburita u metastabilnom sistemu, ovde nema poseban naziv) i popunjava prostor između primarno stvorenih kristala austenita.

. Pri daljem padu temperature, između eutektičke i eutektoidne temperature opada rastvorljivost ugljenika u austenitu prema krivoj E'S', primarni i eutektički austenit presićuje se ugljenikom, koji se izlučuje kao sekundarni grafit i većinom se deponuje preko lamela eutektoidnog grafita.

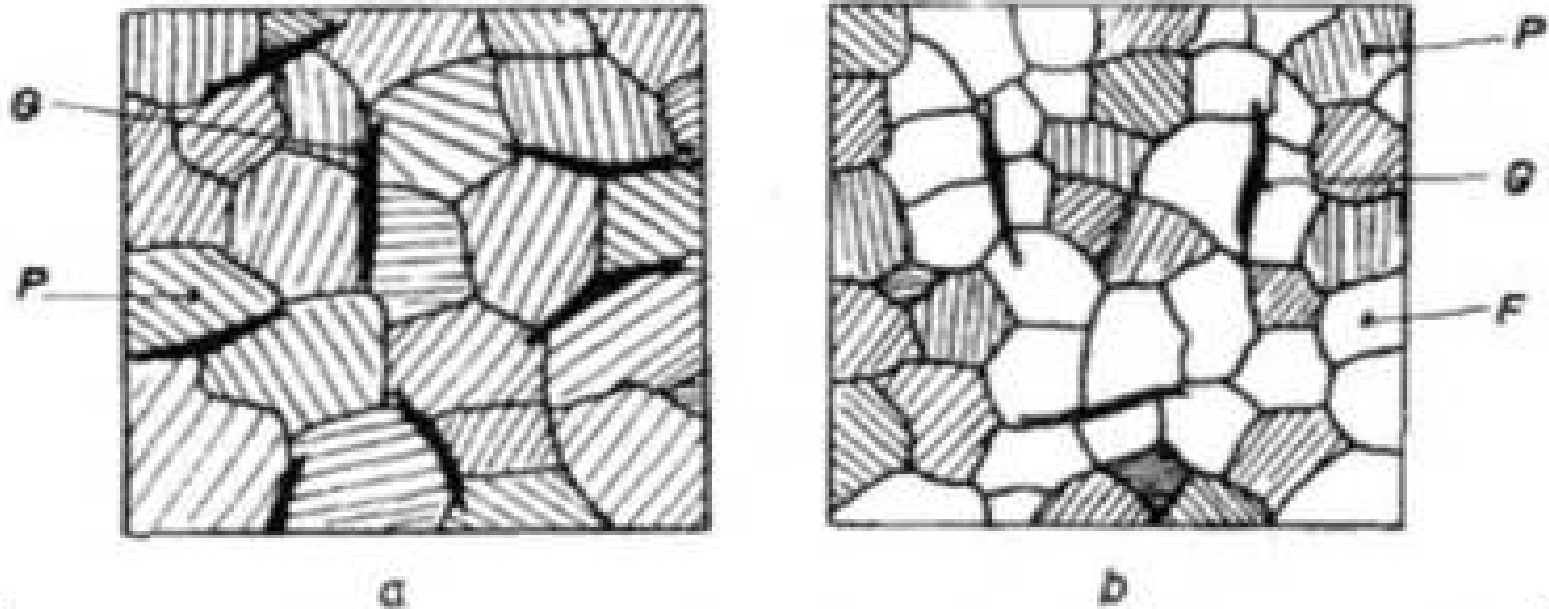
Na eutektoidnoj temperaturi austenit ima eutektoidnu koncentraciju (0.69% C), a na konstantnoj temperaturi odvija se eutektoidna promena:



iz austenita nastaje **grafitni eutektoid** – smeša ferit–grafit. Za razliku od cementitnog eutektoida – perlita, nema poseban naziv.



# Strukture sivog livenog gvožđa



P–perlit,

F–ferit,

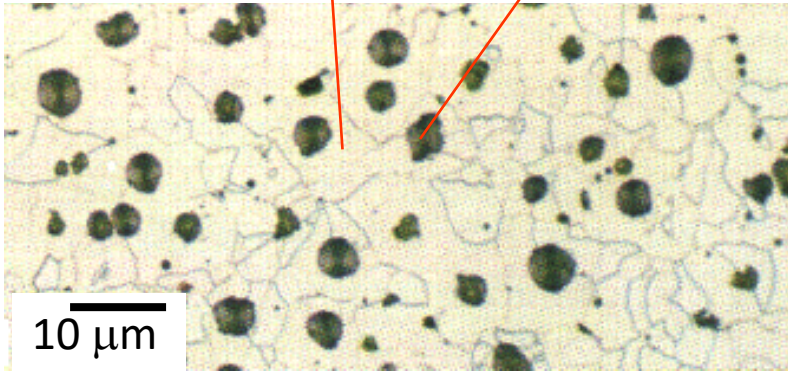
G–grafit

*Strukture sivog liva:*

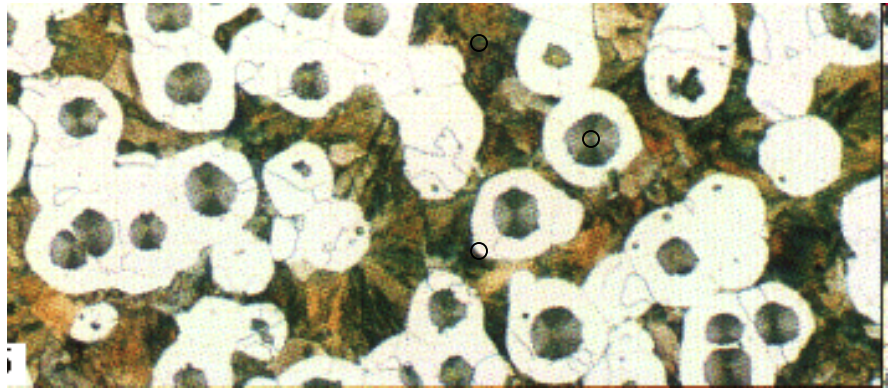
*a) perlitna, b) feritno–perlitna*

Ferrite

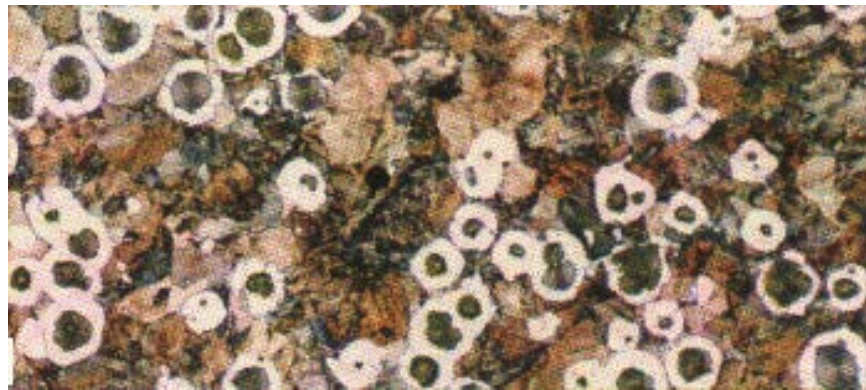
Graphite nodules



With Ferritic Matrix



With (Ferrite + Pearlite) Matrix



With Pearlitic matrix

# Mikrostrukture gvožđa u Fe-C sistemu

- Grafitni eutektikum ( austenit + grafit )
- Grafitni eutektoid ( ferit + grafit )
- Primarni grafit ( uzduž linije D' C')
- Sekundarni grafit ( uzduž linije E' S' )

# Definicije

- **Legure gvožđa:** metalne legure na baz gvožđa (čelici i livena gvožđa).
- **Čisto gvožđe:** metal prelazne grupe atomskog broja 26, atomske mase 56, temperature topljenja 1538°C.
- **Alotropske modifikacije gvožđa:** gvožđe je polimorfan metal, jer zavisno od temperature može imati rešetku A2 ( $\alpha$ -Fe od sobne temperature do 912°C i  $\gamma$ -Fe od 1394–1538°C) i rešetku Al ( $\delta$ -Fe od 912–1394°C).
- **Ferit:** intersticijski čvrst rastvor ugljenika u  $\alpha$ -gvožđu; maksimalna rastvorljivost ugljenika u prostomo centriranoj kubnoj rešetki železa iznosi 0,022% na 727°C.
- **Austenit:** intersticijski čvrst rastvor ugljenika u površinski centriranoj kubnoj rešetki železa; maksimalna rastvorljivost ugljenika u  $\gamma$ -Fe iznosi 2,14% na 1148°C.

# Definicije

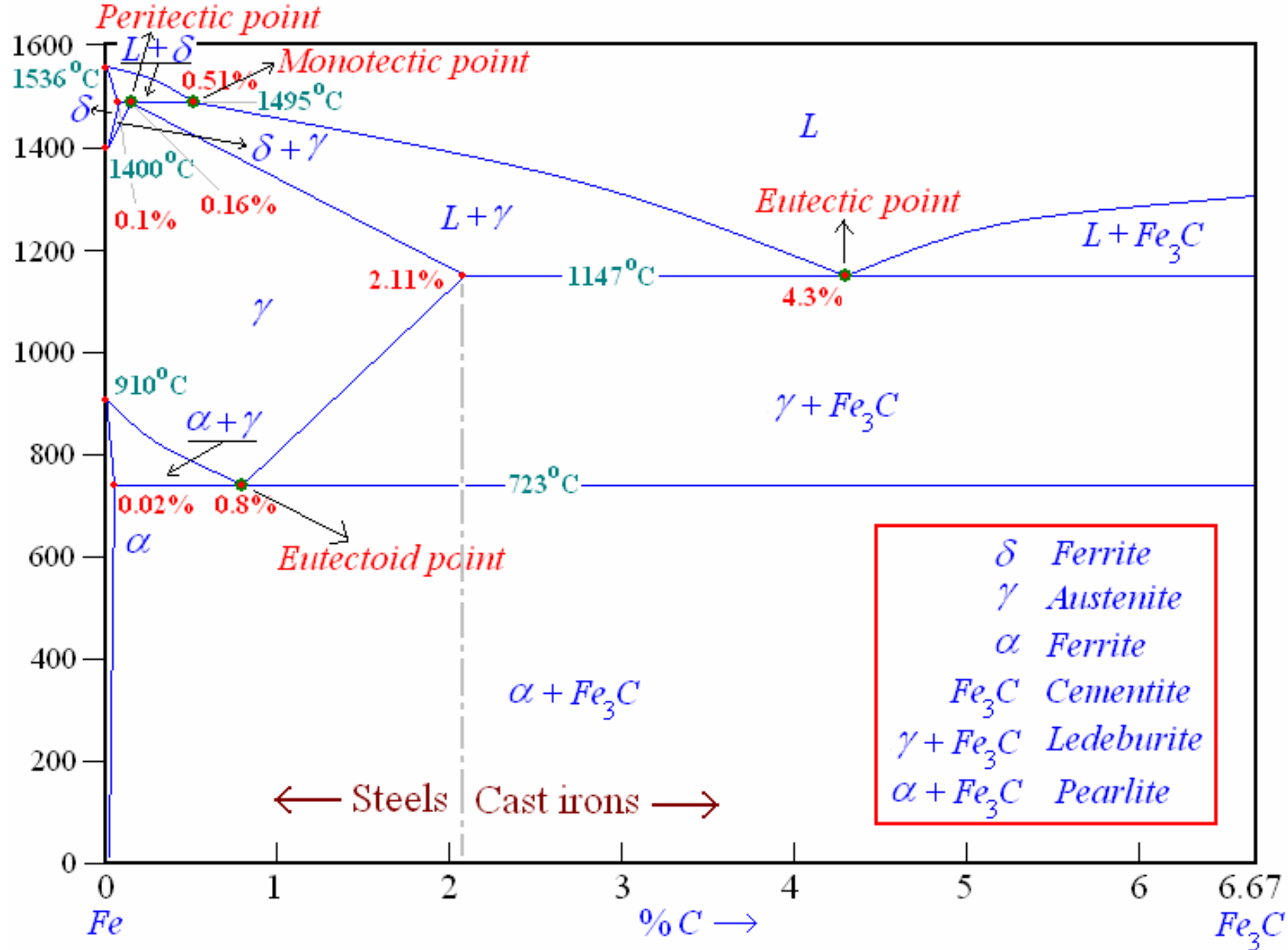
- **Cementit:** tvrdo i krto jedinjenje (intermetalno jedinjenje – karbid gvožđa  $\text{Fe}_3\text{C}$ ).
- **Grafit:** hemijski slobodan ugljenik koji se pojavljuje kao faza u livenom gvožđu.
- **Metastabilan sistem Fe-Fe<sub>3</sub>C:** binarni fazni dijagram u kome su komponente Fe i Fe<sub>3</sub>C.
- **Stabilan sistem Fe-C:** binarni fazni dijagram u kome su faze komponente gvožđe i grafit.
- **Eutektoidna reakcija:** fazna transformacija pri kojoj se iz jedne čvrste faze dobijaju dve nove čvrste faze.
- **Perlit:** smeša feritne i cementitne faze u obliku paralelnih pločica (lamelarna struktura) nastala transformacijom austenita između 727 i 538°C.

# Definicije

- **Eutektoidni  $\alpha$ -ferit:**  $\alpha$ -ferit sadržan u perlitu nastao eutektoidnim razlaganjem austenita.
- **Čelik:** legura gvožđe–ugljenik sa 0,02–2,14% C. Najčešće su granice 0,05–1,1% C. Čelik može biti toplo ili hladno valjan.
- **Eutektoidni cementit:** cementit uključen u perlit koji se obrazuje u toku eutektoidnog razlaganja austenita.
- **Eutektoidni čelik:** ugljenični (nelegirani) čelik sa 0,8% C, čija je struktura čisto perlitna.

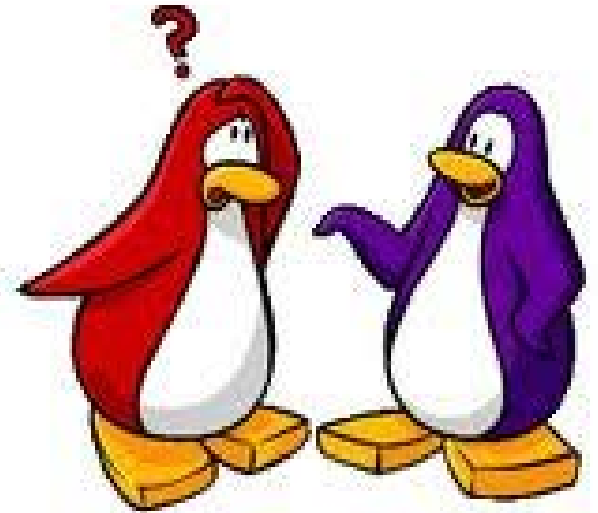
# Definicije

- **Podutektoidni čelik:** čelik sa manje od 0,8% C, čija je struktura perlitno–feritna.
- **Nadeutektoidni čelik:** čelik sa 0,8 do 2,14% C, čija je struktura perlitno–cementitna.
- **Belo liveno gvožđe:** legure gvožđe–ugljenik–silicijum (1,8–3,6% C i 0,5–1,9% Si); sadrži veliku količinu cementita pa je zato tvrdo i krto.
- **Sivi liv:** legure gvožđe–ugljenik–silicijum (2,5–4,0% C i 1,0–3.0% Si); u sivom livu je znatna količina ugljenika izdvojena u vidu grafitnih lamela, što ga čini dobro površinski obradljivim i otpomim na habanje.





# Pitanja?



1. Šta su fazni dijagrami?
2. Vrste faznih dijagrama.
3. Objasniti faze dijagrama Fe – C.
4. Promene mikrostruktura Fe – C legura tokom sporog hlađenja.

# Hvala na pažnji

