

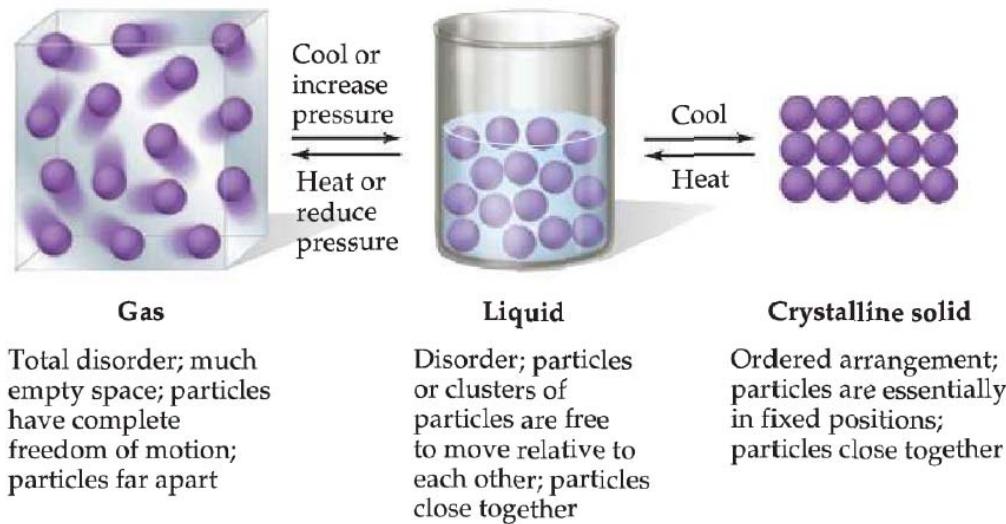
# Međumolekulske interakcije

Privlačenje između jona – jonska veza

Deljenje zajedničkog elektronskog para – kovalentna veza – nastaju molekuli

Elektronsko more – metalna veza

Tri agregatna stanja materije – čvrsto, tečno i gasovito



## Međumolekulske interakcije

Od čega zavisi da li će neka supstanca biti čvrsta, tečna ili gasovita pri nekim standardnim uslovima (pritisak, temperatura)?

Od molekulske mase tih molekula (teži i veći molekuli će biti čvrsti, lakši i manji tečni ili gasoviti)

Od oblika tih molekula – molekuli iste mase a različitog oblika imaju različite  $T_T$  i  $T_K$

Od međumolekulske interakcija koje postoje između tih molekula

# Međumolekulske interakcije

Međumolekulske interakcije koje postoje između nenaelektrisanih molekula:

1. Dipol-dipol interakcije
2. Londonove disperzione sile (interakcije)
3. Vodonična veza

Ove tri interakcije zajedno se zovu van der Waals-ove interakcije

U rastvoru postoje (i veoma su značajne) još i jon-dipol interakcije

# Jon-dipol interakcije

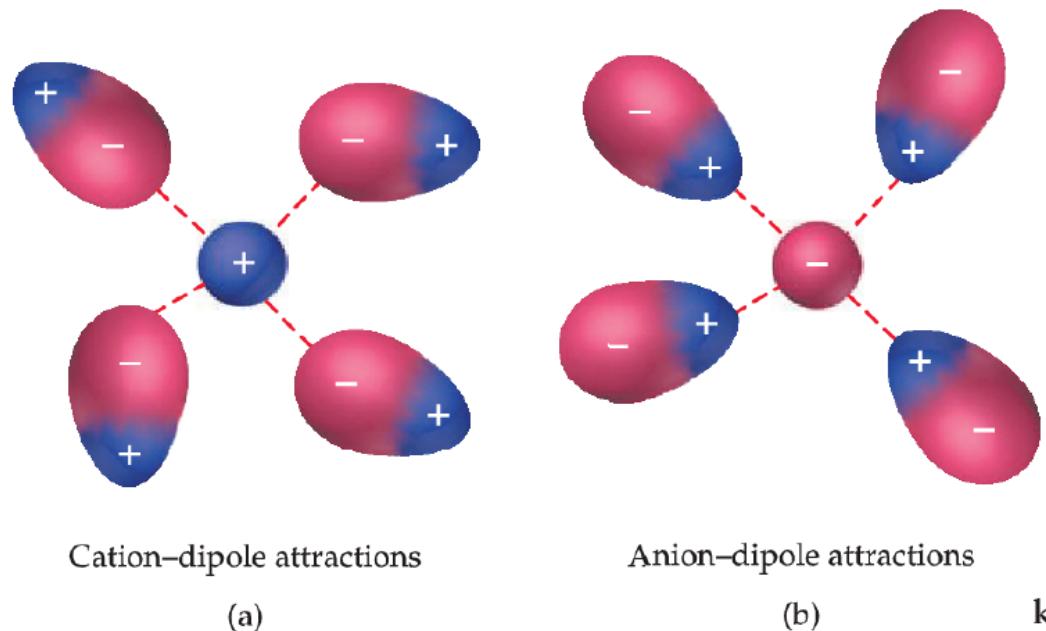
Jon-dipol interakcije:

Postoje između jona i polarnih molekula u rastvoru, jake

Što je jon više nanelektrisan – interakcije su jače

Što je veći intenzitet dipola molekula – interakcije su jače

Odgovorne za rastvaranje jonskih jedinjenja u vodi



# Dipol-dipol interakcije

Dipol-dipol interakcije:

Postoje između polarnih molekula u rastvoru

Zavise od polarnosti (diplonog momenta) tih molekula

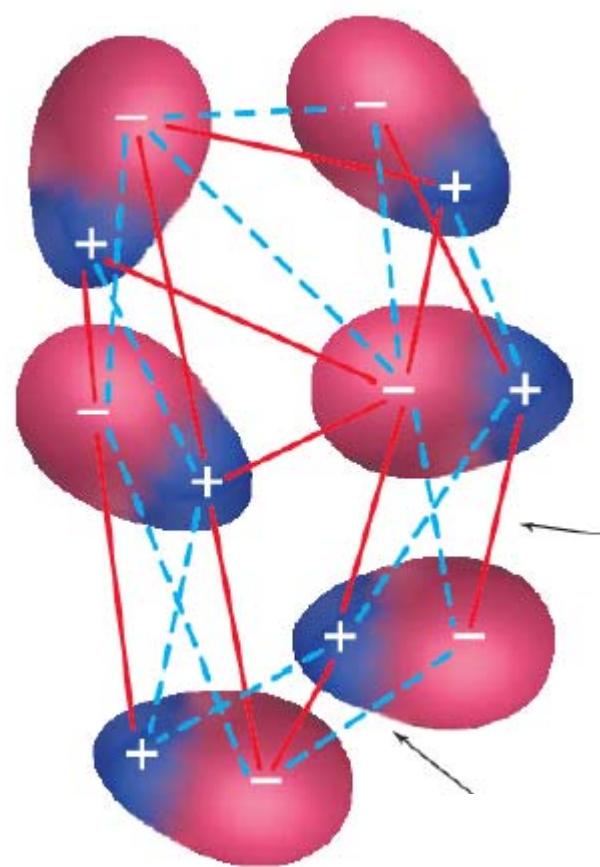
Znatno slabije od jon-dipol i veoma zavise od rastojanja između molekula – opadaju sa  $\approx r^3$

Uglavnom odgovorne i posmatraju se kada pričamo o  $T_K$

Substance	Molecular Weight (amu)	Dipole Moment $\mu$ (D)	Boiling Point (K)
Propane, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	0.1	231
Dimethyl ether, $\text{CH}_3\text{OCH}_3$	46	1.3	248
Methyl chloride, $\text{CH}_3\text{Cl}$	50	1.9	249
Acetaldehyde, $\text{CH}_3\text{CHO}$	44	2.7	294
Acetonitrile, $\text{CH}_3\text{CN}$	41	3.9	355

# Dipol-dipol interakcije

Dipol-dipol interakcije:

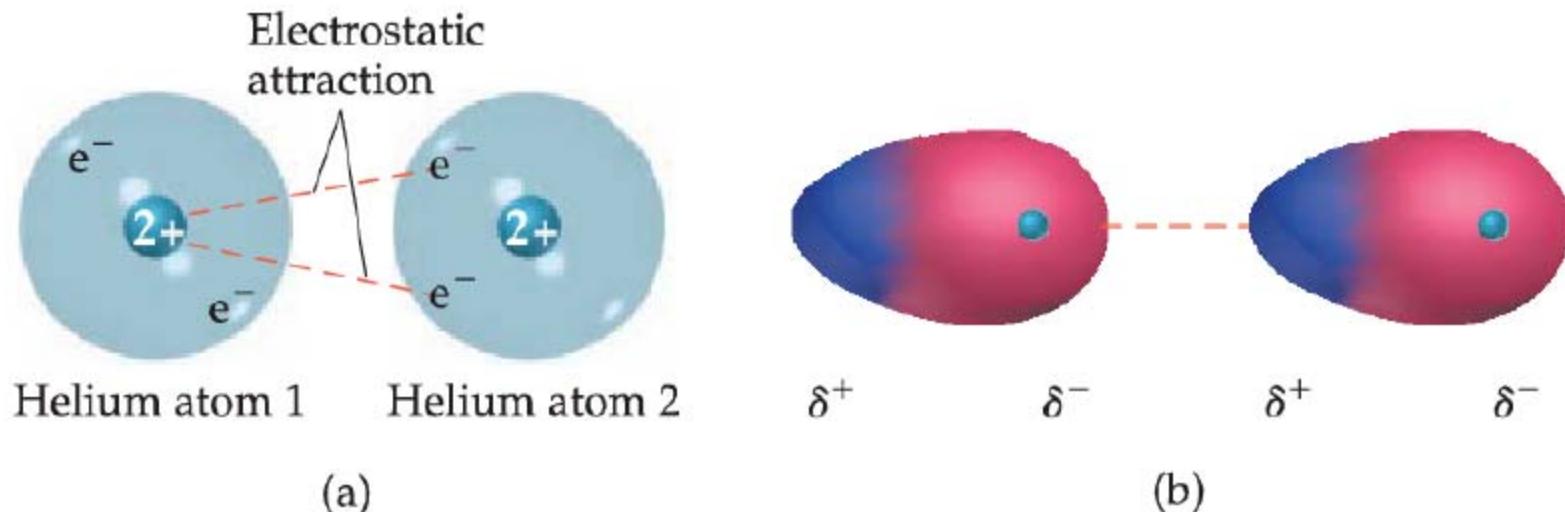


# Londonove (disperzione) interakcije

Londonove (disperzione) sile:

Objašnjavaju zašto nepolarni molekuli pa čak i plemeniti gasovi pri niskim temperaturama i/ili visokim pritiscima prelaze u tečno stanje.

Trenutni dipol – koji zatim indukuje dipol u molekulu (atomu) do sebe i tako se poremećaj prenosi.



# Londonove (disperzione) interakcije

Londonove (disperzione) sile:

Važan pojam – **polarizabilnost** – sposobnost da se elektronski oblak molekula ili atoma deformiše.

Što se elektronski oblak lakše deformiše molekul je polarizabilniji i Londonove sile su jače.

Što je molekul veći to je i polarizabilniji

Halogen	Molecular Weight (amu)	Boiling Point (K)	Noble Gas	Molecular Weight (amu)	Boiling Point (K)
F <sub>2</sub>	38.0	85.1	He	4.0	4.6
Cl <sub>2</sub>	71.0	238.6	Ne	20.2	27.3
Br <sub>2</sub>	159.8	332.0	Ar	39.9	87.5
I <sub>2</sub>	253.8	457.6	Kr	83.8	120.9
			Xe	131.3	166.1

# Londonove (disperzione) interakcije

Londonove (disperzione) sile:

Oblik molekula takođe može da utiče na polarizabilnost a time i na Londonove sile

Molekuli koji su izduženi su polarizabilniji od onih koji su kompaktni

Disperzione sile postoje između svih molekula bez obzira na njihovu polarnost i uvek se moraju uzimati u obzir prilikom određivanja fizičkih osobina

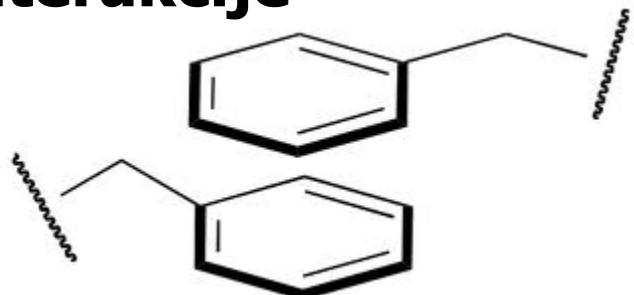


*n*-Pentane  
(bp = 309.4 K)



Neopentane  
(bp = 282.7 K)

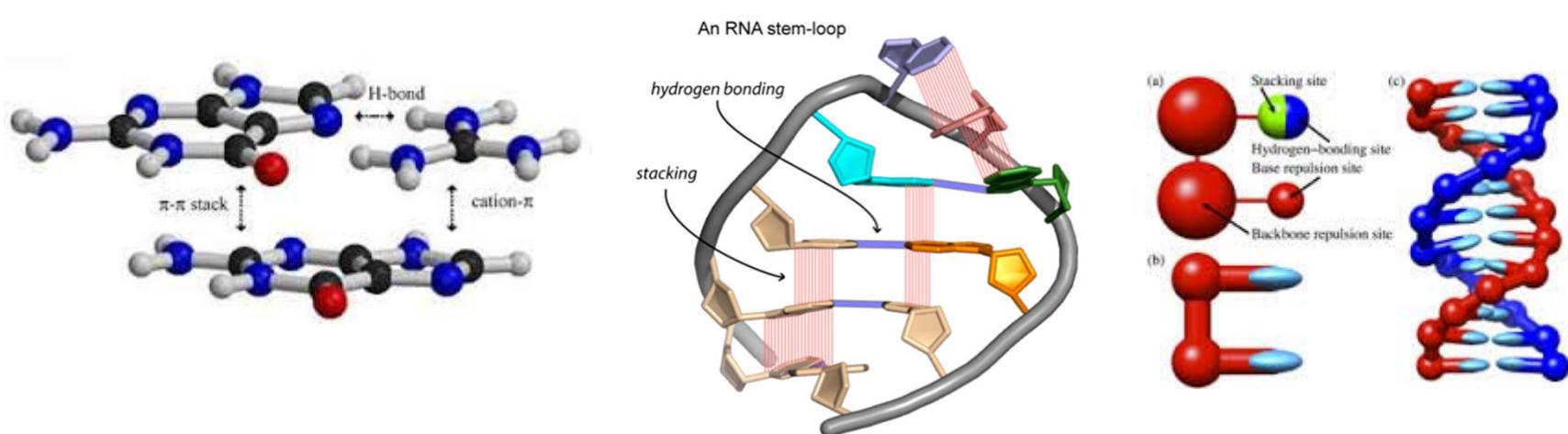
# Londonove (disperzione) interakcije



## Stacking interakcije:

Javljuju se između dva nezasićena – najčešće aromatična molekula.

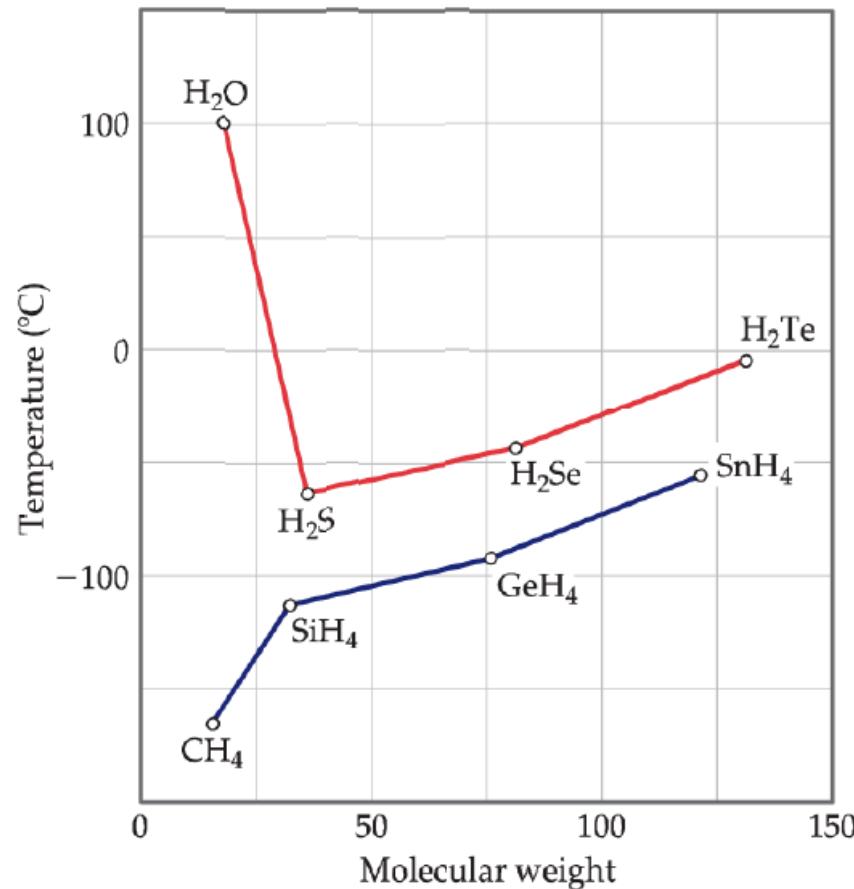
Veoma su važne u biohemiji a naročito u biohemiji nukelinskih kiselina (DNK i RNK). Takođe veoma česte i u proteinima između Phe, Tyr i Trp bočnih aminokiselinskih ostataka.



# Međumolekulske interakcije

Vodonične veze:

Nelogičnosti kod tačaka ključanja za neke molekule – najdrastičniji primeri voda i amonijak

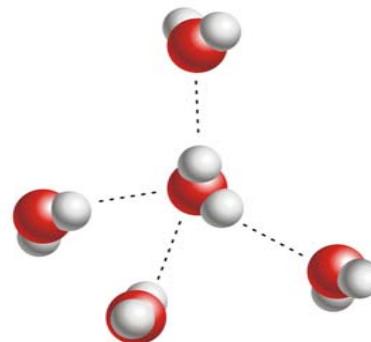
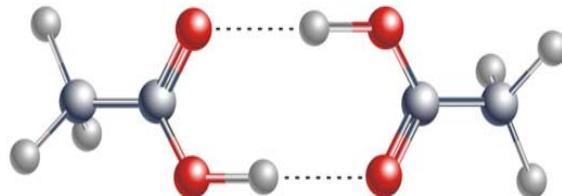


# Međumolekulske interakcije

Vodonične veze:

Vodonična veza je specijalan tip međumolekulskih privlačnih interakcija između vodonikovog atoma, koji je vezan za neki elektronegativan atom (najčešće H-F, H-O, H-N itd.) i slobodnog elektronskog para koji se nalazi na obližnjem elektronegativnom atomu (najčešće F, O, N atom drugog molekula)

Kada crtate vodoničnu vezu OBAVEZNO morate nacrtati sva tri atoma koja učestvuju u toj interakciji (vodonik, atom za koji je vodonik vezan kovalentnom vezom i atom na kome se nalazi slobodan elektronski par)



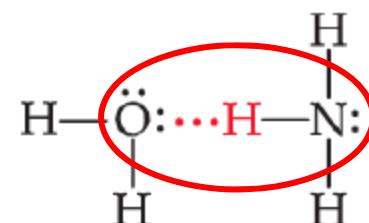
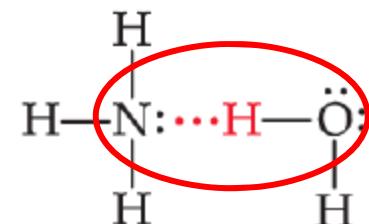
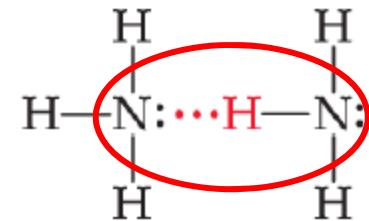
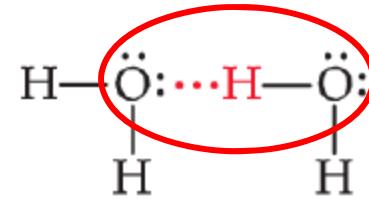
# Međumolekulske interakcije

Vodonične veze:

Energija vodonične veze zavisi od polarnosti kovalentne veze u kojij je vodonik i od elektronegativnosti atoma koji prima vodonik

Donor i akceptor vodonične veze

Energije vodoničnih veza se kreću od 4 do 25 kJ/mol i dosta su slabije od kovalentnih i jonskih veza a jače od dipol-dipol i Londonovih interakcija



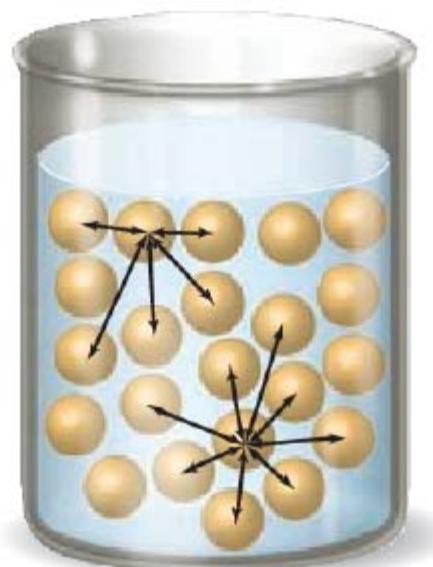
# **Neke osobine tečnosti koje zavise od međumolekulske interakcija**

**Viskoznost:**

Što su međumolekulske interakcije jače tečnost je viskoznija

**Površinski napon tečnosti:**

Što su međumolekulske interakcije jače površinski napon tečnosti je veći

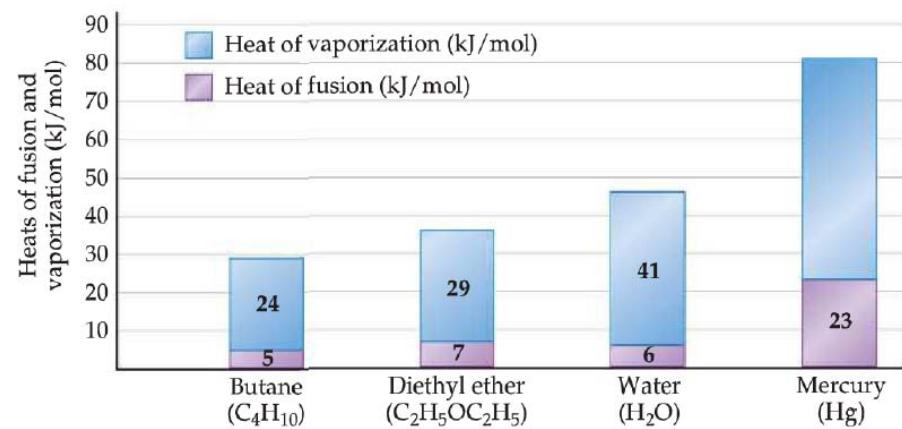
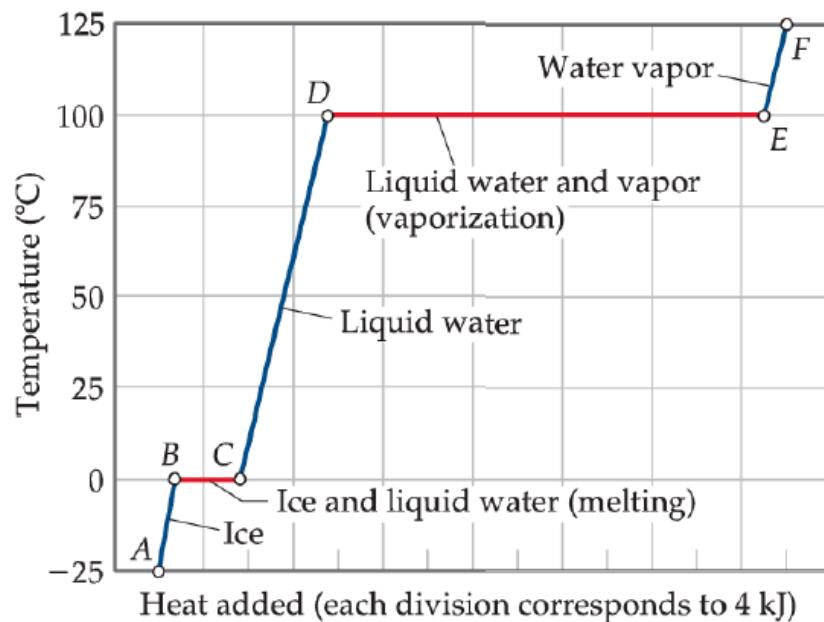


# Fazne promene

Prelasci između različitih agregatnih stanja

Razlika je samo u rastojanju između molekula

Specifična toplota topljenja i specifična toplota isparavanja



## **Fazne promene**

Prelasci između različitih agregatnih stanja

Frižider, klima uređaj i ventilator – šta ovde hlađi?

Pregrejana i prehlađena tečnost.

## Fazne promene

Kritična temperatura i kritični pritisak

Vodenu paru na  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  možemo kondenzovati i prevesti u tečno stanje (bez promene temperature) samo pomoću povećanja pritiska na 1,4 atm.

Na  $374\text{ }^{\circ}\text{C}$  vodenu paru možemo kondenzovati na 217,7 atm pritiska.

Na temperaturama preko  $374\text{ }^{\circ}\text{C}$  vodenu paru više ne možemo kondenzovati samo povećanjem pritiska. Na ovoj T i pritiscima većim od 217,7 atm vodena para i tečna voda se više ne mogu razlikovati.

Temperatura od  $374\text{ }^{\circ}\text{C}$  se naziva kritična temperatura za vodu a pritisak od 217,7 atm (pritisak pri kom dolazi do kondenzacije na kritičnoj temperaturi) se naziva kritični pritisak

# Fazne promene

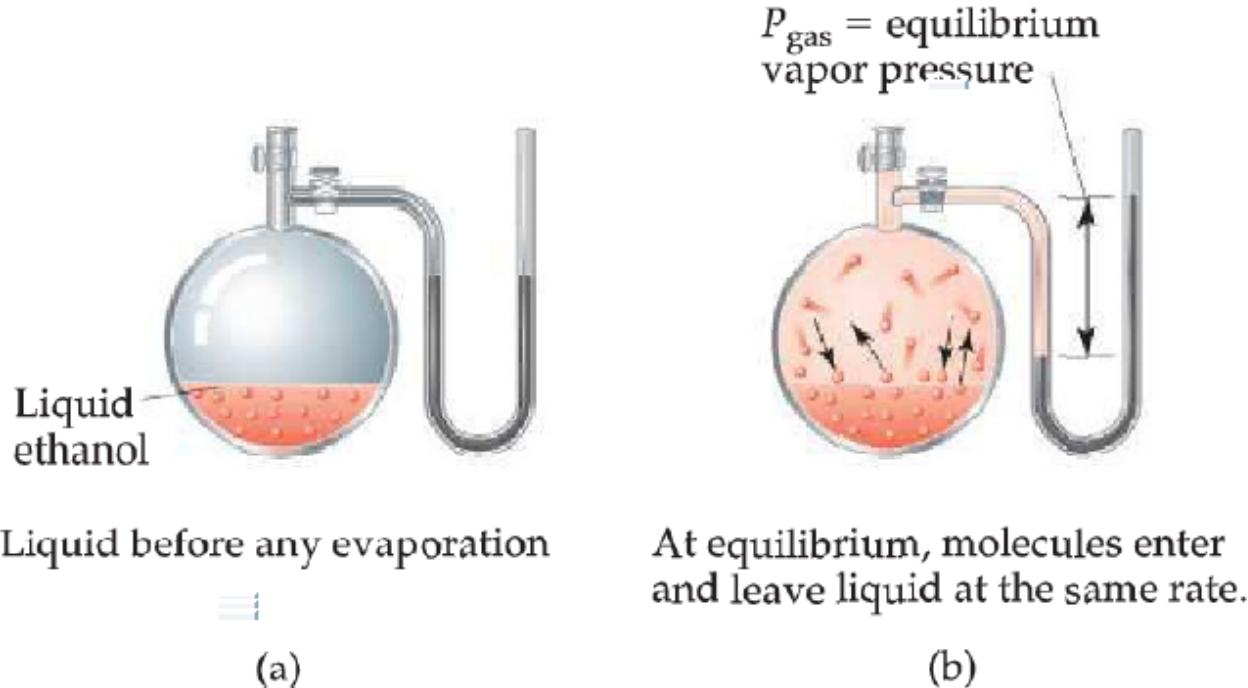
## Kritična temperatura i kritični pritisak

Substance	Critical Temperature (K)	Critical Pressure (atm)
Ammonia, NH <sub>3</sub>	405.6	111.5
Argon, Ar	150.9	48
Carbon dioxide, CO <sub>2</sub>	304.3	73.0
Hydrogen sulfide, H <sub>2</sub> S	373.5	88.9
Nitrogen, N <sub>2</sub>	126.1	33.5
Oxygen, O <sub>2</sub>	154.4	49.7
Phosphine, PH <sub>3</sub>	324.4	64.5
Propane, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	370.0	42.0
Water, H <sub>2</sub> O	647.6	217.7

## Fazne promene – napon pare

Kada neku tečnost stavimo u sud iz koga je izvučen sav vazduh (evakuisani sud) ona će početi da ispara sve dok pritisak pare u sudu ne dostigne neku određenu vrednost.

Ta vrednost pritiska je napon pare te tečnosti na toj temperaturi.



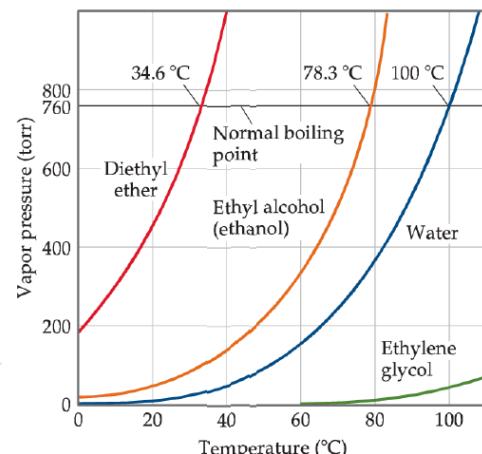
# Fazne promene – napon pare

Objašnjenje na molekulskom nivou:

Uspostavlja se dinamička ravnoteža između broja molekula koji napuštaju povšinu tečnosti i prelaze u gasnu fazu i onih koji se vraćaju u tečnost.

Ako je sud otvoren sva tečnost će nakon određenog vremena ispariti

Napon pare zavisi od temperature – što je temperatura viša i napon pare će biti viši



## **Fazne promene – napon pare**

Ključanje:

Tečnost ključa kada napon pare tečnosti dostigne vrednost spoljašnjeg pritiska

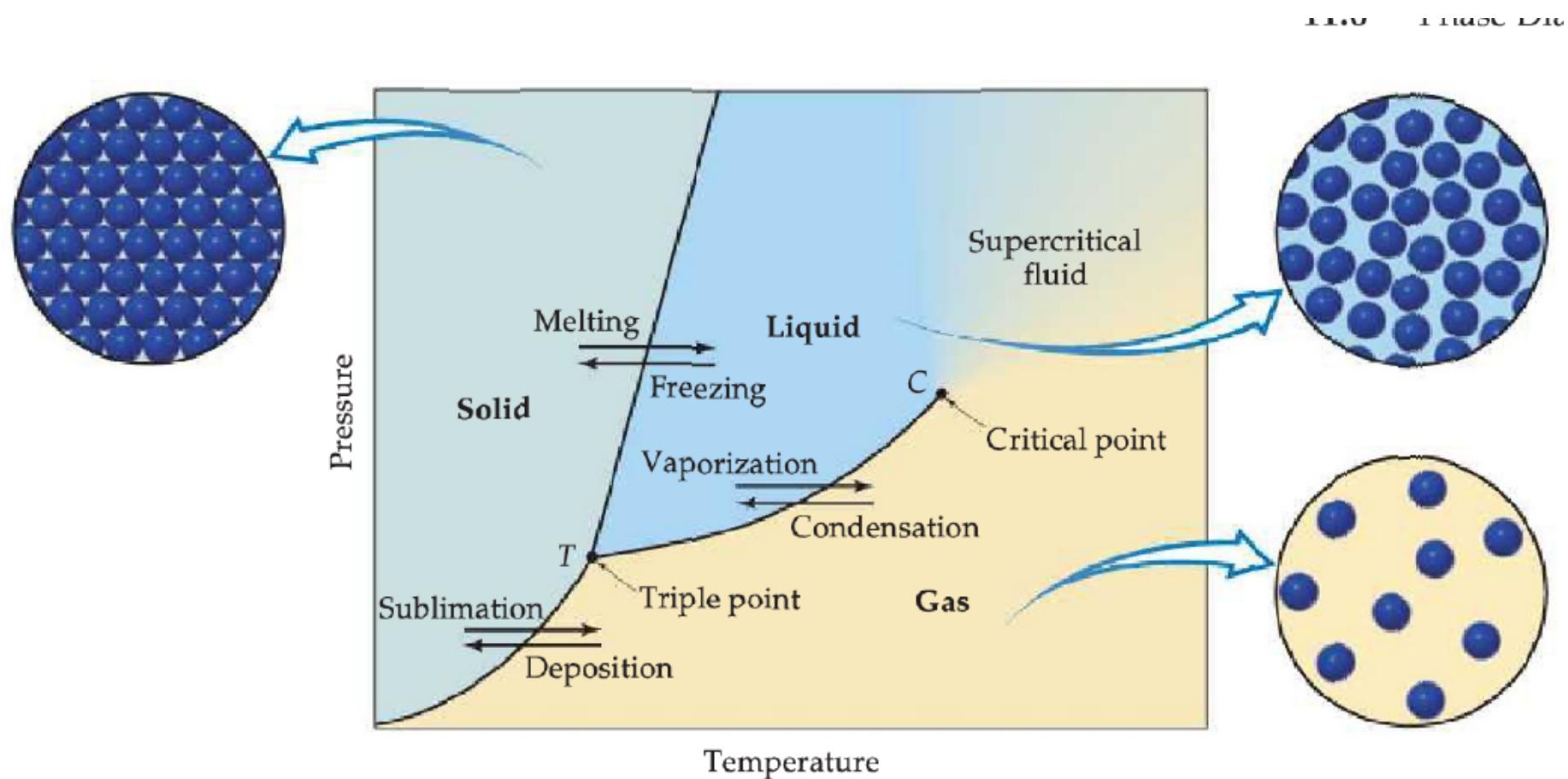
Tada mehurovi pare mogu da se formiraju unutar same tečnosti i izlaze na površinu

Noramlna tačka ključanja je  $T_K$  na pritisku od 1 atm.

Tačka ključanja zavisi od spoljašnjeg pritiska – kuvanje na planini ili u avionu

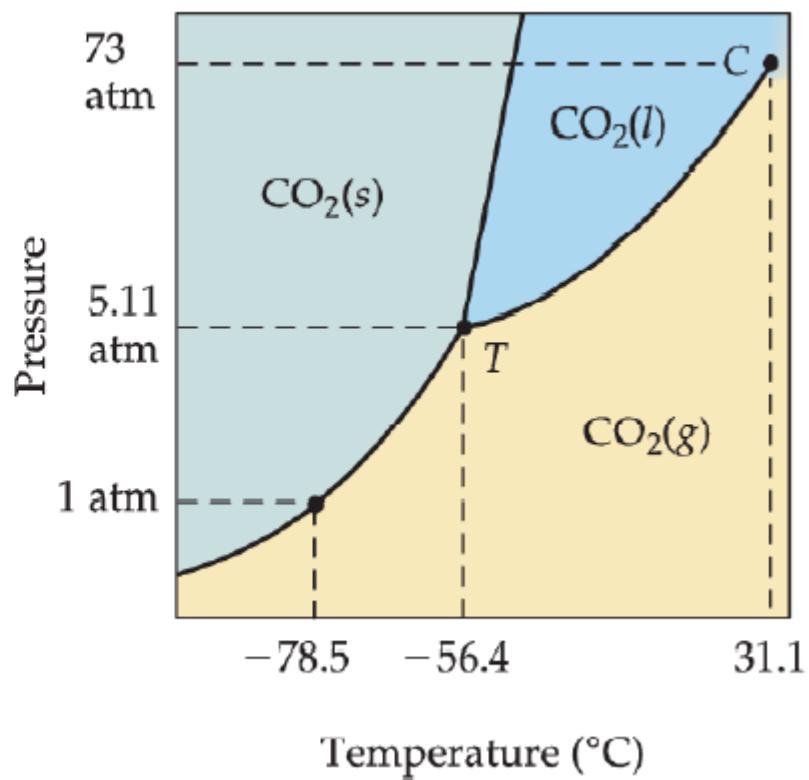
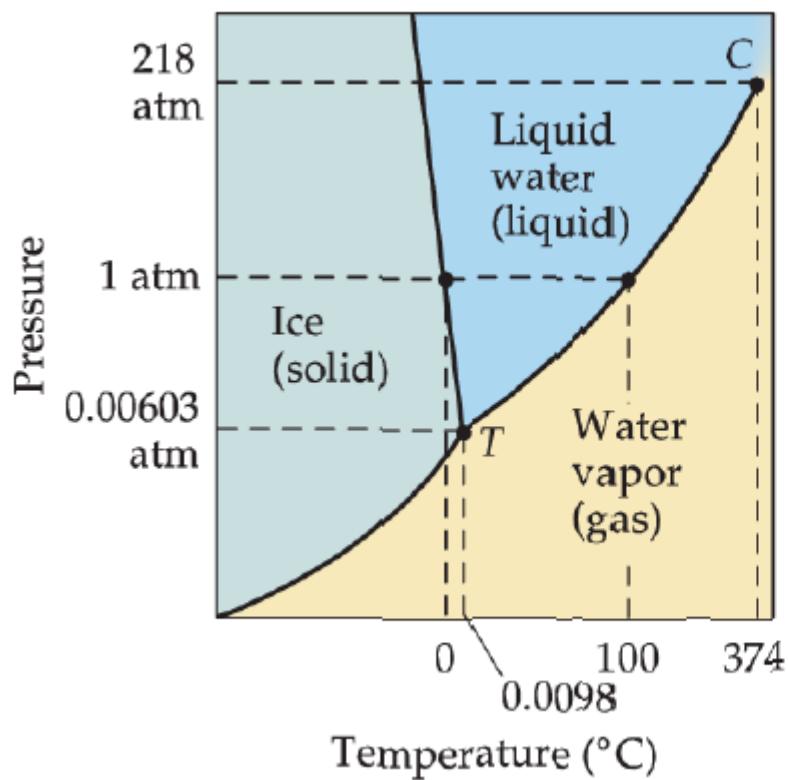
# Fazni dijagrami

Fazni dijagrami su grafički način prikazivanja uslova u kojima postoji ravnoteža između različitih stanja materije



# Fazni dijagrami

Fazni dijagrami vode i ugljen-dioksida



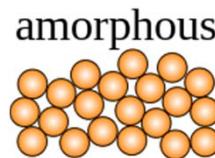
# Čvrsto stanje

U čvrstom stanju razlikujemo kristalne i amorfne supstance.

Kristalne supstance (ili kristali) imaju veoma pravilne i uređene strukture, odnosno strogog određen raspored čestica (atoma, jona ili molekula) koji se periodično ponavlja u prostoru.

Ovaj pravilan raspored čestica u prostoru naziva se **KRISTALNA REŠETKA**.

Amorfne supstance nemaju uređenu strukturu. Kod amorfnih supstanci čestice su nasumično razbacane.



# Čvrsto stanje

## Vrste kristalnih rešetki

Atomska kristalna rešetka:

Sačinjena od kovalentno povezanih atoma. Ceo kristal je jedan molekul. Svi atomi unutar kristala su međusobno kovalentno povezani. Primeri: dijamant i kvarc.



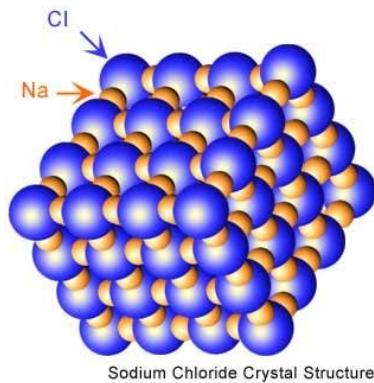
Osobine: veoma tvrde supstance, visoka TT...

# Čvrsto stanje

## Vrste kristalnih rešetki

Jonska kristalna rešetka:

Sačinjena od jona. Ceo kristal je jedan „molekul“. Svi joni međusobno su povezani jonskom vezom. Sva jonska jedinjenja postoje u obliku jonske kristalne rešetke i o jonskoj vezi ima smisla govoriti jedino kroz jonsku kristalnu rešetku.



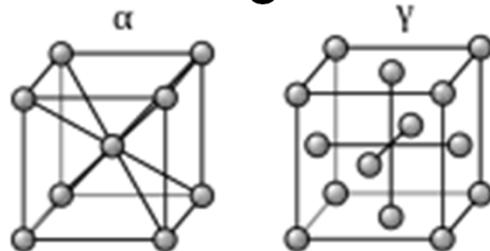
Osobine: veoma tvrde supstance (tvrdoća im zavisi od jačine jonske veze između jona), visoka TT...

# Čvrsto stanje

## Vrste kristalnih rešetki

Metalna kristalna rešetka :

Sačinjena od jona metala i elektronskog mora. Ceo kristal jedan „molekul“ Položaj jona određuje tip kristalne rešetke. Isti metal pod različitim uslovima može kristalisati u različitim tipovima kristalne rešetke. Primer gvožđe.



Osobine: zavise od tipa kristalne rešetke ali generalno veoma tvrde supstance (tvrdića im zavisi od jačine metalne veze), visoka TT...

# Čvrsto stanje

## Vrste kristalnih rešetki

Molekulska kristalna rešetka :

Sačinjena od pravilno raspoređenih molekula. Između tih molekula su međumolekulske interakcije. Primeri led, šećer, kristali joda...

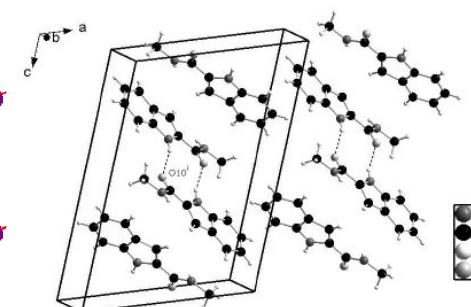
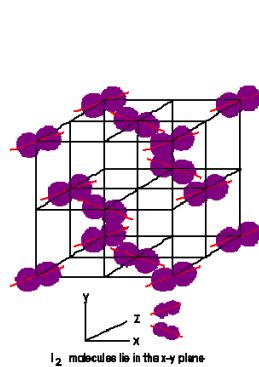
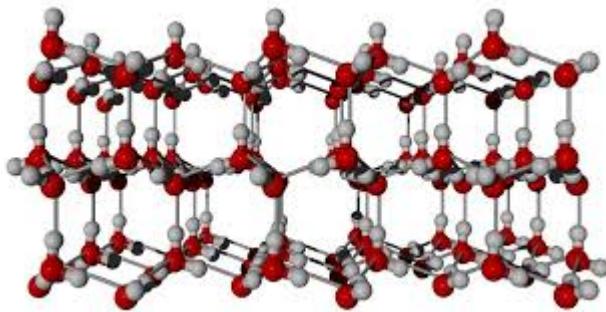


Fig. 2: A view crystal packing showing the N1-H1...O10<sup>i</sup> hydrogen bond.  
[Symmetry code: (i) -x+1, -y+2, -z].

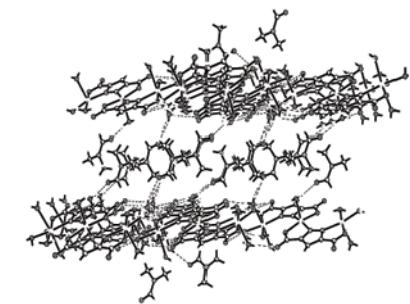


Figure 4. Stereoview of the 3-D sandwich structure of 1 constructed by hydrogen bonds.

Osobine: zavise od tipa međumolekulskih interakcija između molekula ali generalno meke supstance niske TT...