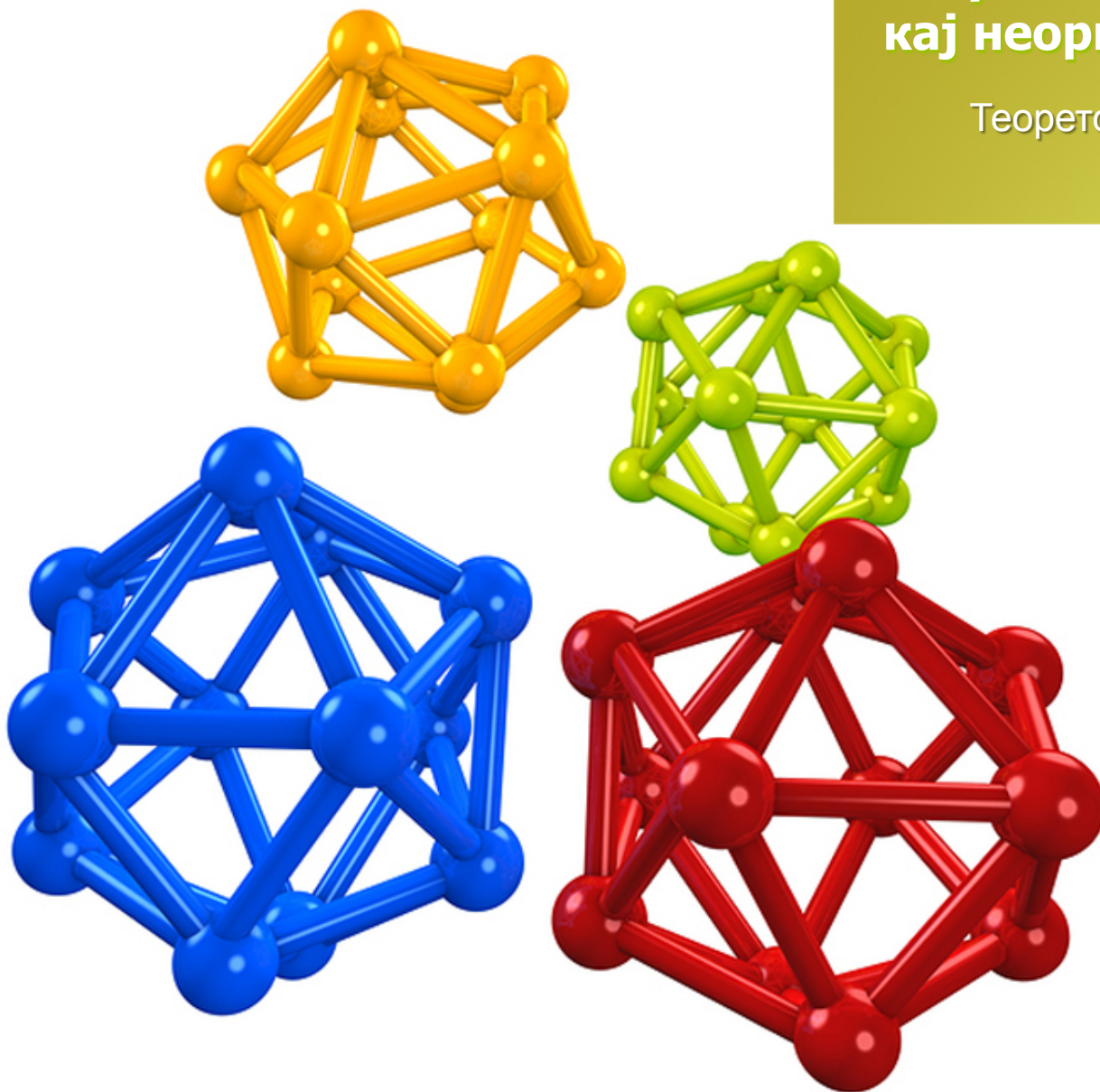
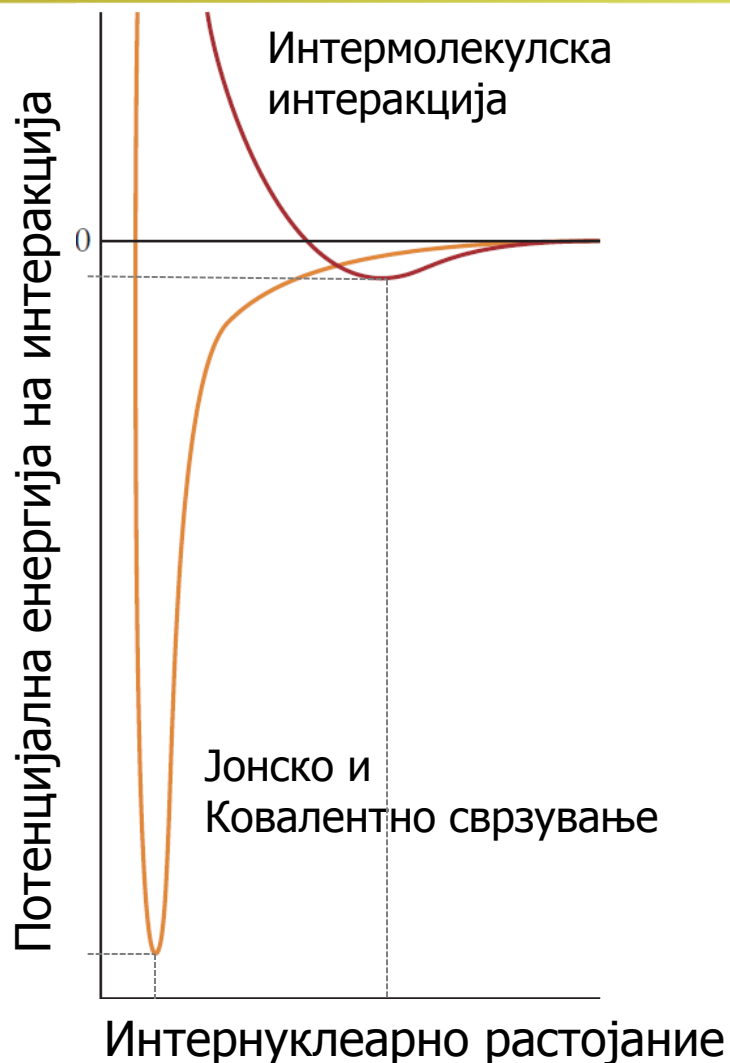
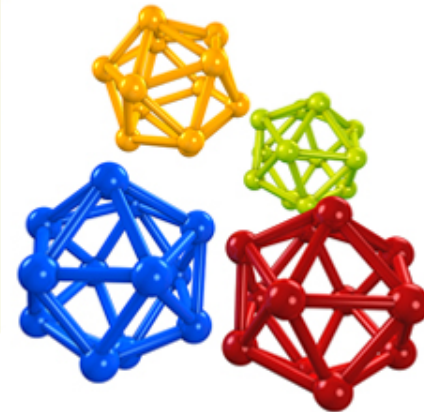


Меѓумолекулски интеракции кај неоргански соединенија

Теоретска неорганска хемија
(Глава 5)

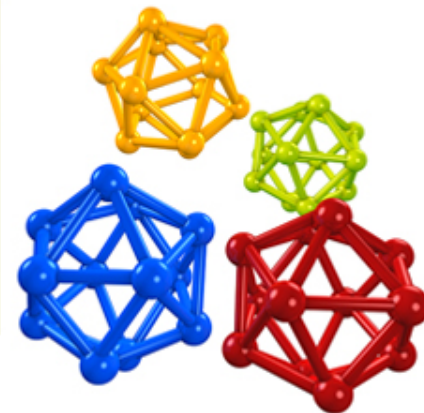


Интрамолекулски и интермолекулски (меѓумолекулски) интеракции



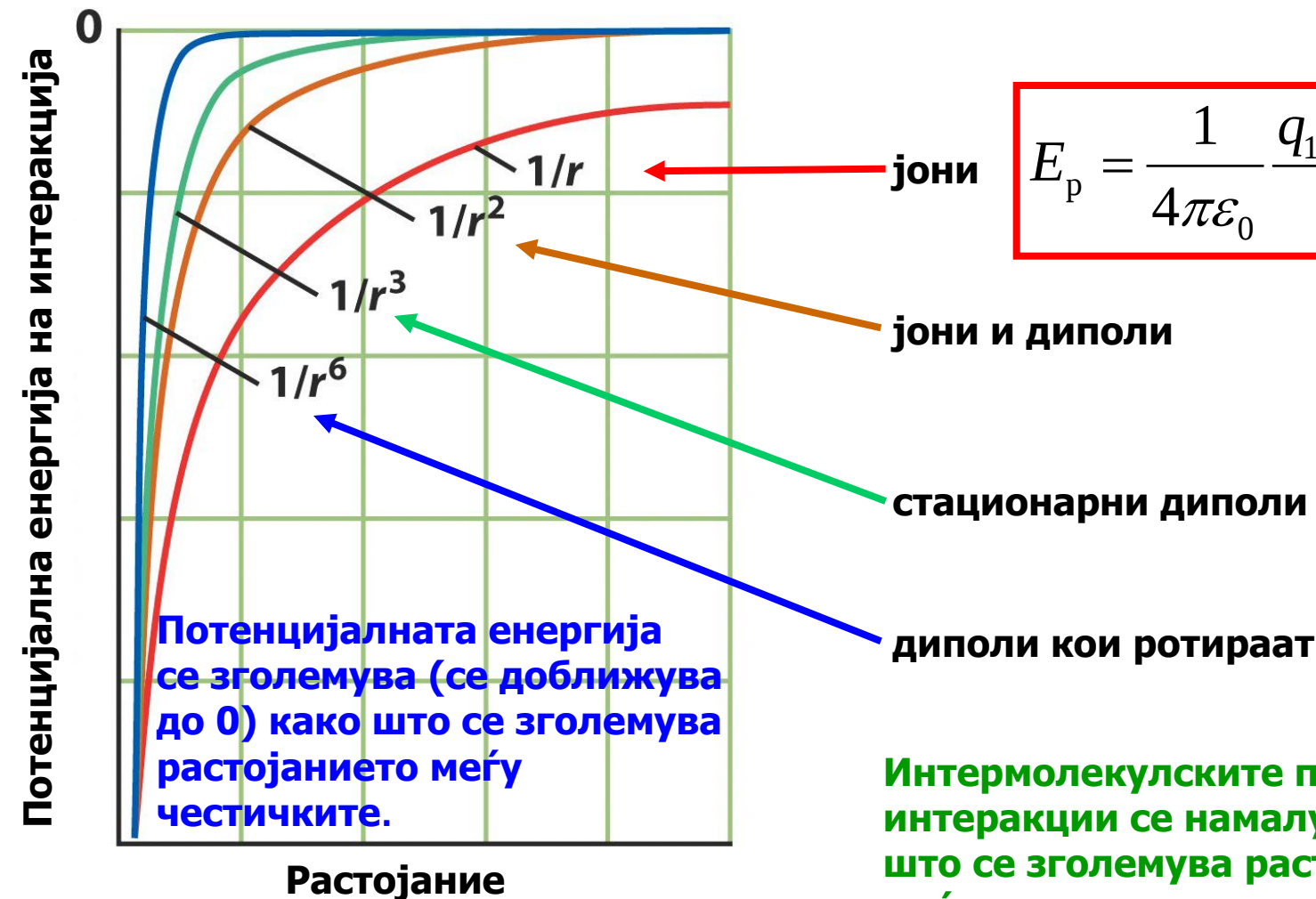
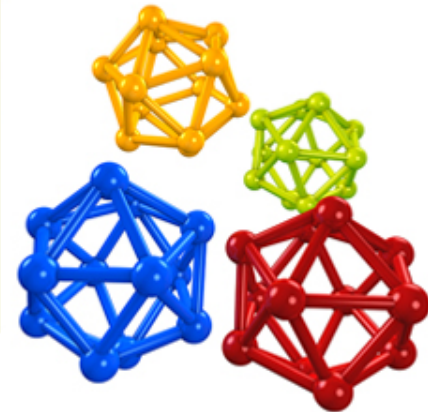
Дури и кога не се работи за хемиска врска, привлечните сили меѓу честичките ја намалуваат нивната енергија.

Меѓујонски и меѓумолекулски интеракции



Вид на интеракција	Енергија на интеракција / $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	Честички кои взаеMODEЈСТВУВААТ
Јон-јон	250	Само јони
Јон-дипол	15 NaCl & H₂O	Јони и поларни молекули
Дипол-дипол	2	Стационарни поларни молекули
	0,3	Поларни молекули кои ротираат
Дипол-индуциран дипол	2	Најмалку едната молекула мора да биде поларна
Лондонови сили	2	Сите видови молекули
Водородно сврзување	20 H₂O, NH₃	Молекули кои содржат N, O, F

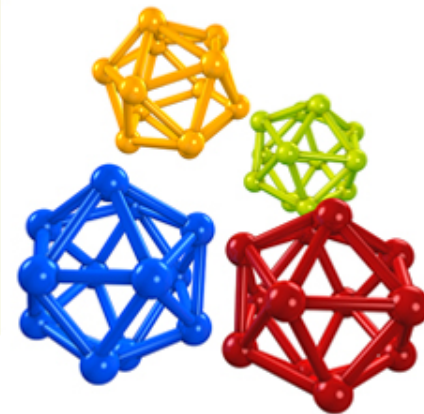
Меѓумолекулските интеракции се одговорни за постоењето на неколку различни фази на материјата



$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

Интермолекулските привлечни интеракции се намалуваат како што се зголемува растојанието меѓу честичките.

Јон-дипол интеракции



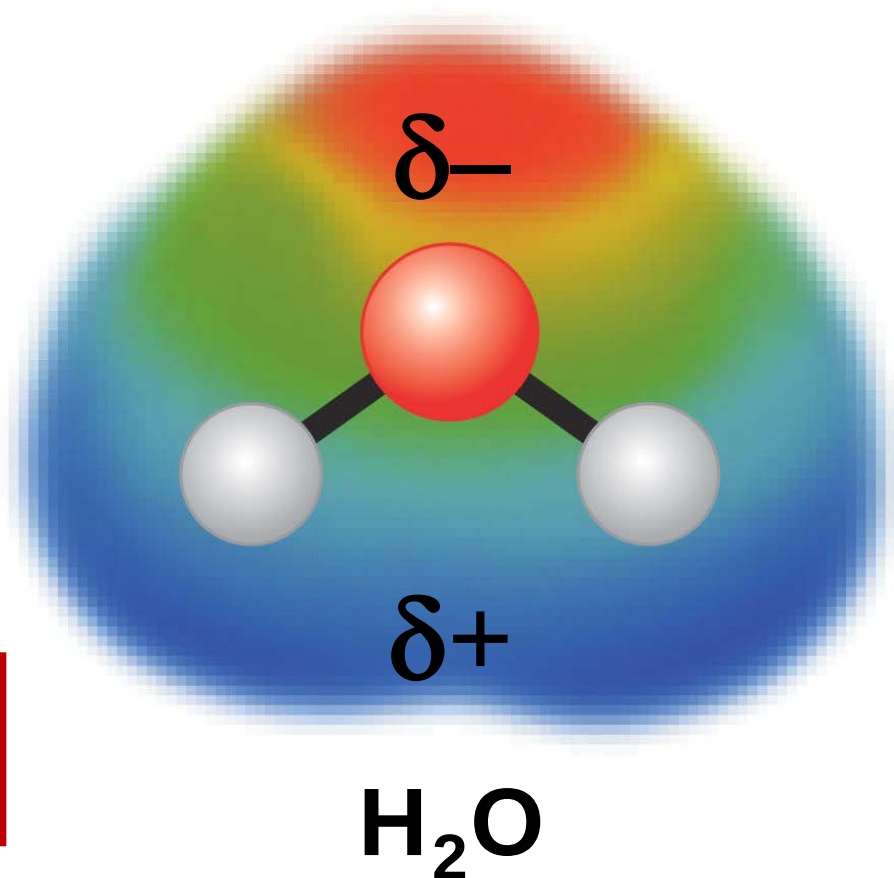
Поларна молекула

Може да учествува во водородно сврзување

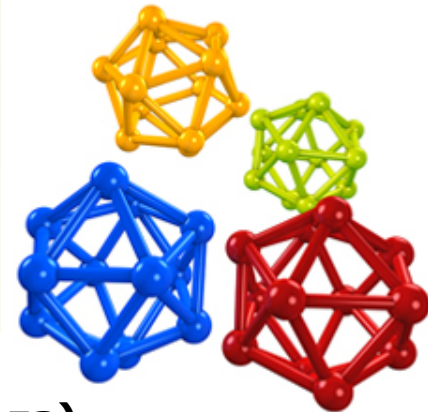
Парцијалниот позитивен полнеж е лоциран на водородните атоми.

хидратација

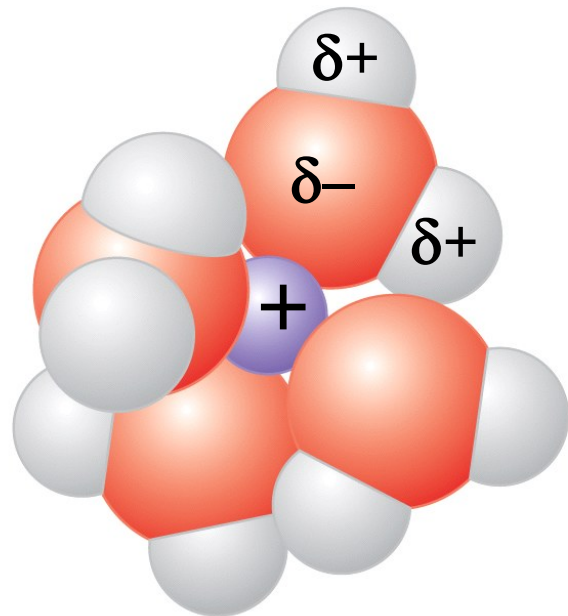
$$E_p \propto -\frac{|z|\mu}{r^2}$$



Јон-дипол взаемодејствата се големи во случајот на мали јони со голем електричен полнеж. Како последица на тоа овие јони се хидратизирани во цврстата супстанца (односно образуваат хидрати како, на пример, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).



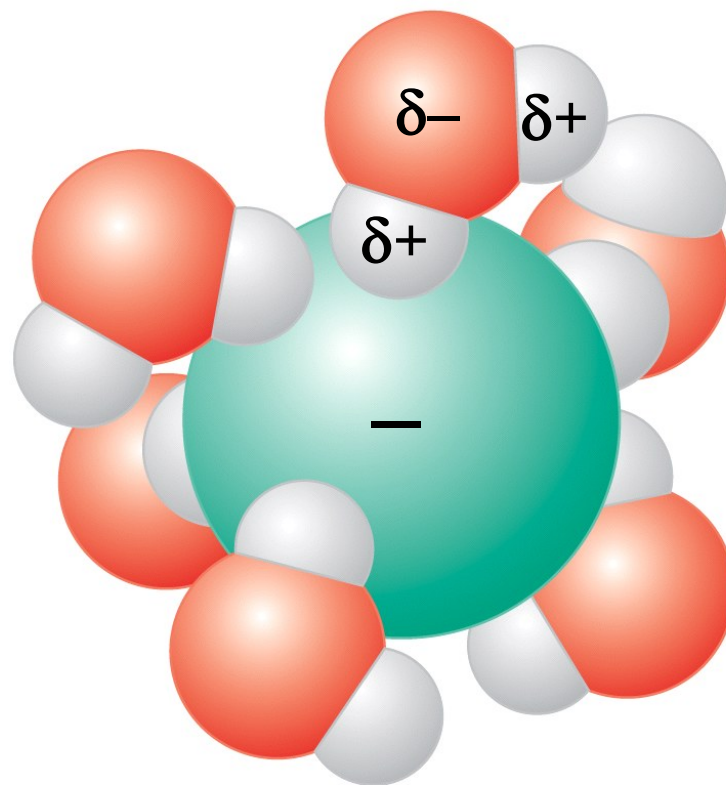
Хидратизиран катјон
(т.е. солватизиран со вода)



Големи јони: K^+ , Rb^+ , Cs^+ , NH_4^+

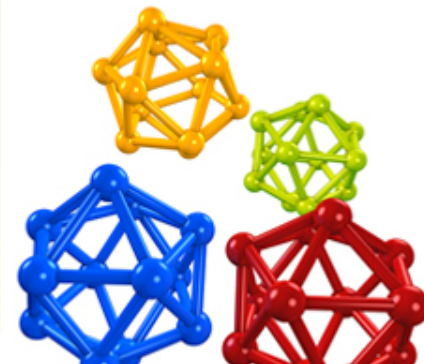
K^+ ($r = 138 \text{ pm}$) vs. Ba^{2+} ($r = 136 \text{ pm}$)
 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Хидратизиран анјон
(т.е. солватизиран со вода)



La^{3+} ($r = 122 \text{ pm}$)
 $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 $\text{La}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

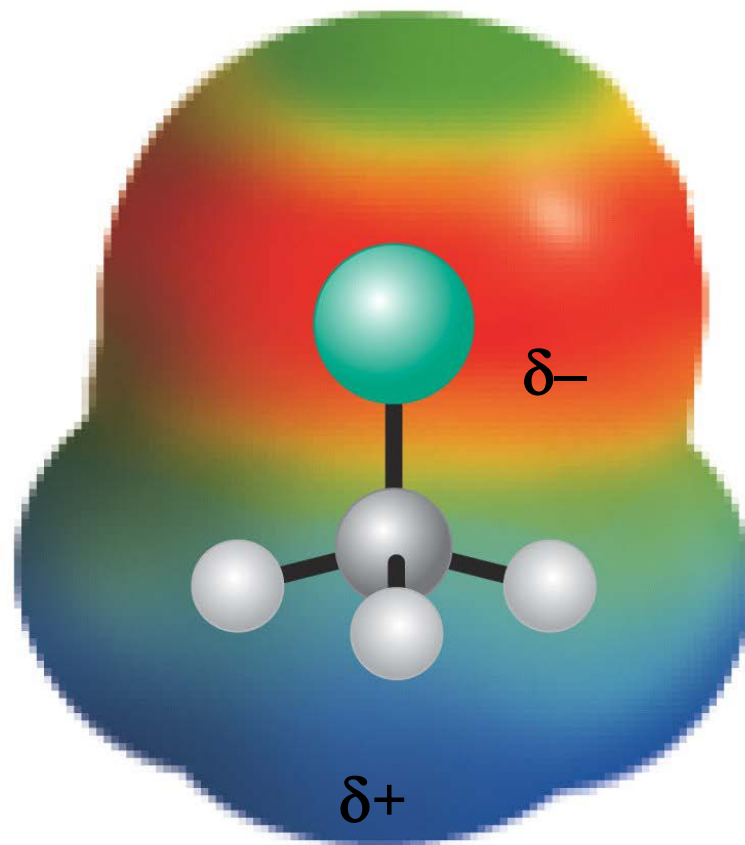
Дипол-дипол интеракции



Поларна молекула

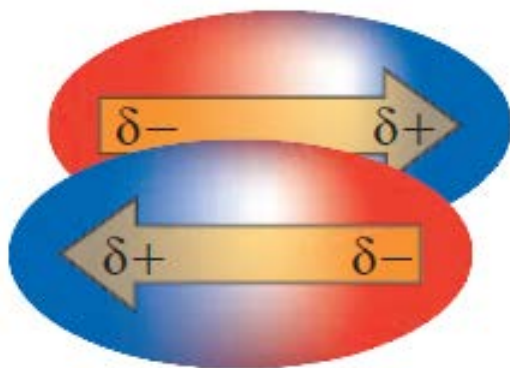
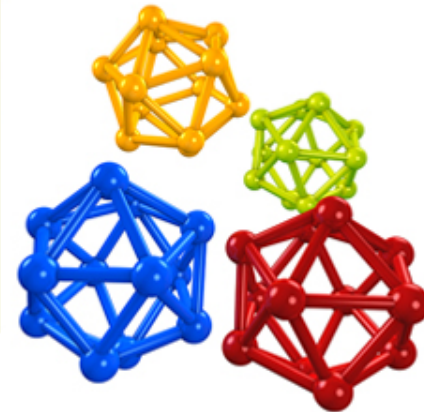
**Не учествува во
водородно сврзување**

**Парцијален позитивен
полнеж лоциран на
водородните атоми.**

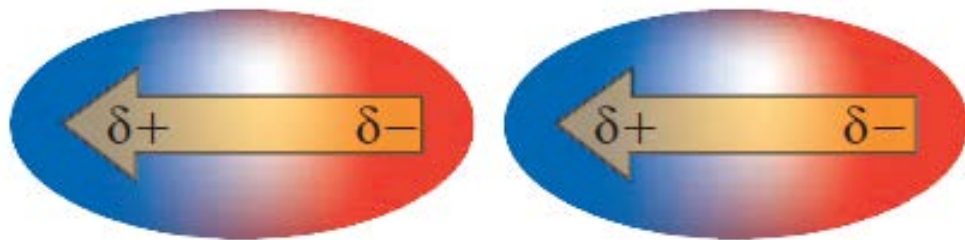


CH₃Cl, хлорометан

Дипол-дипол интеракции (во цврста фаза)

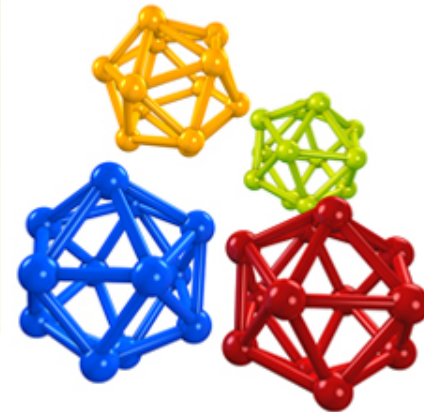


Поларните молекули се привлекуваат заради взаеMODEЈСТВОТО меѓу парцијалните полнежи на нивните електрични диполи (прикажани со стрелки).

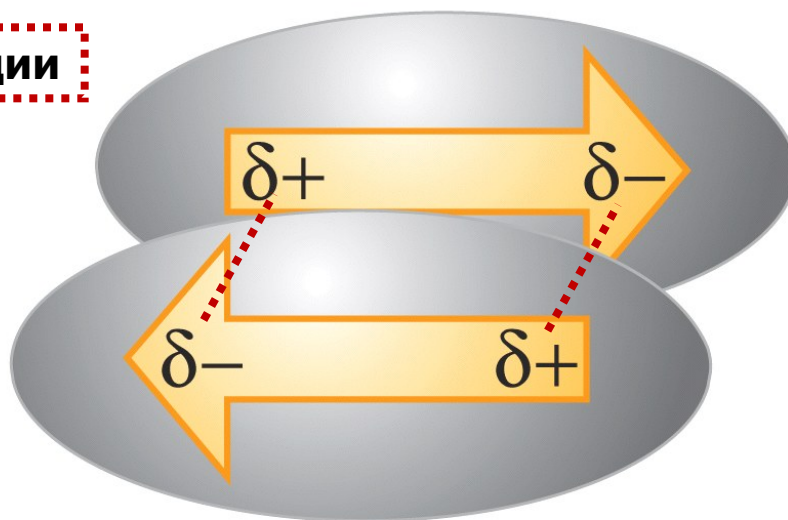


Прикажаните ориентации резултираат со снижување на енергијата во однос на стохастична ориентација на електричните диполи.

Дипол-дипол интеракции (во цврста фаза)

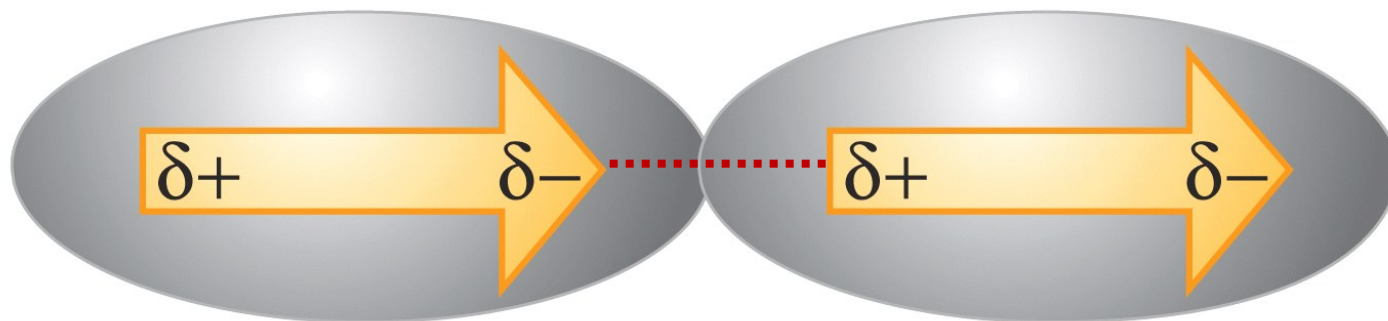


Привлечни интеракции

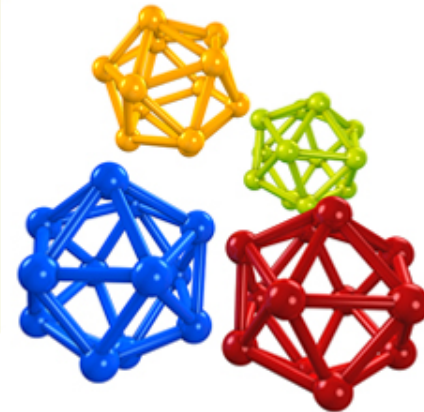


$$E_p \propto -\frac{\mu_1 \mu_2}{r^3}$$

За цврста супстанца
изградена од идентични
молекули $\mu_1 = \mu_2$.



Дипол-дипол интеракции (во цврста фаза)

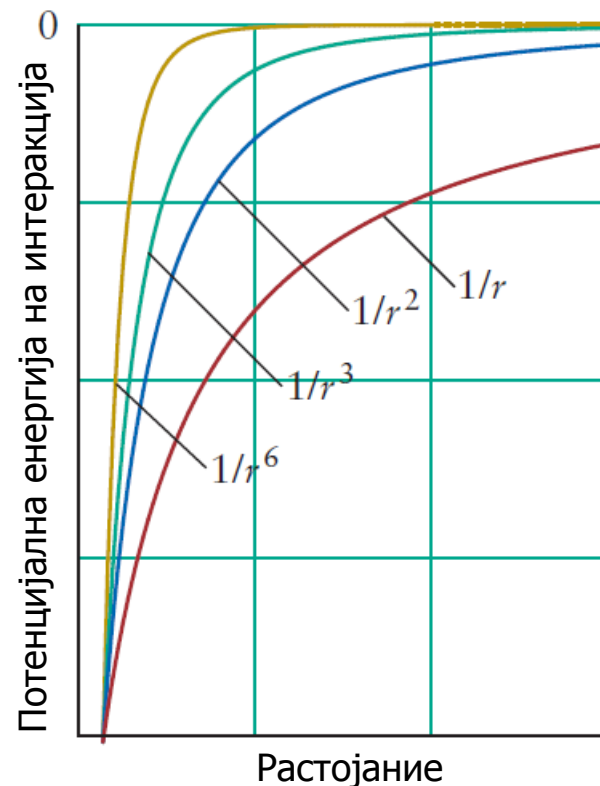


$$E_p \propto -\frac{\mu_1 \mu_2}{r^3}$$

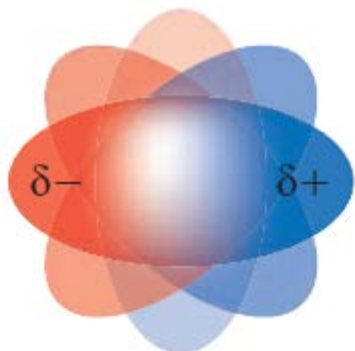
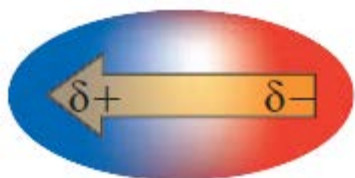
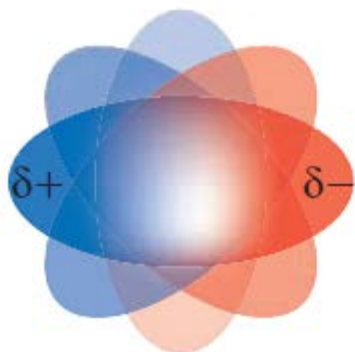
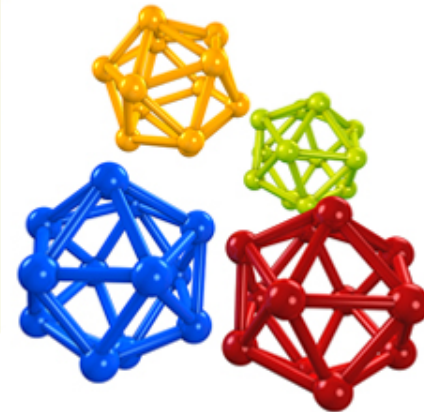
Што можеме да заклучиме од овој израз?

- ✓ Поголем диполен момент, посилна интеракција
- ✓ Зависноста од $1/r^3$ укажува дека со дуплирање на растојанието меѓу молекулите, взаеMODEЈСТВОТО се намалува за фактор $2^3 = 8$.

Односот на силите на интеракција кај јон-јон, јон-дипол и дипол-дипол взаеMODEЈСТВОТО (при идентично растојание меѓу честичките) е:
 $1/r : 1/r^2 : 1/r^3$.



Дипол-дипол интеракции (во гасна и течна фаза)



- ✓ При идеално слободна ротација на поларни молекули, привлечните и одбивните сили меѓу парцијалните електрични полнежи се поништуваат и според тоа не постои взаемодејство меѓу поларните молекули.
- ✓ Но, во реален случај при ротација на поларни молекули некои ориентации резултираат со привлечни, а некои со одбивни интеракции.

Дипол-дипол интеракции (во гасна и течна фаза)

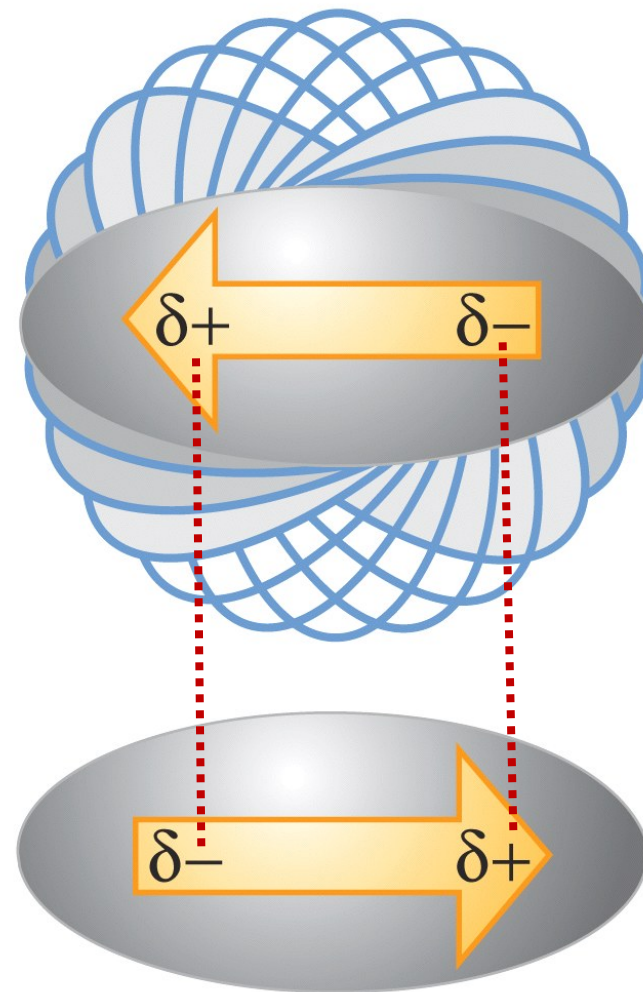


Привлечните интеракции се најсилни при оваа ориентација.

Значи, поларната молекула поголем дел од времето поминува при (ниско-енергетски) ориентации на кои им соодветствуваат максимално можни привлечни интеракции.

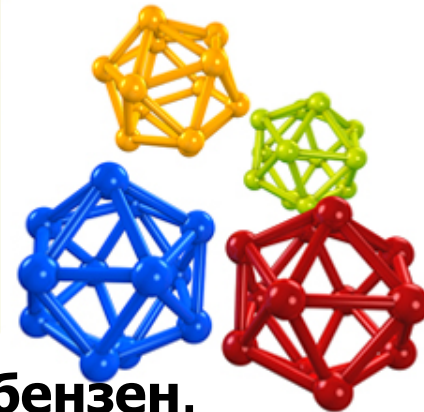
Според тоа, резултантниот ефект е слаби привлечни сили меѓу поларни молекули кои ротираат!

Привлечните интеракции се послаби меѓу поларни молекули кои ротираат отколку меѓу стационарни поларни молекули.



$$E_p \propto -\frac{\mu_1^2 \mu_2^2}{r^6}$$

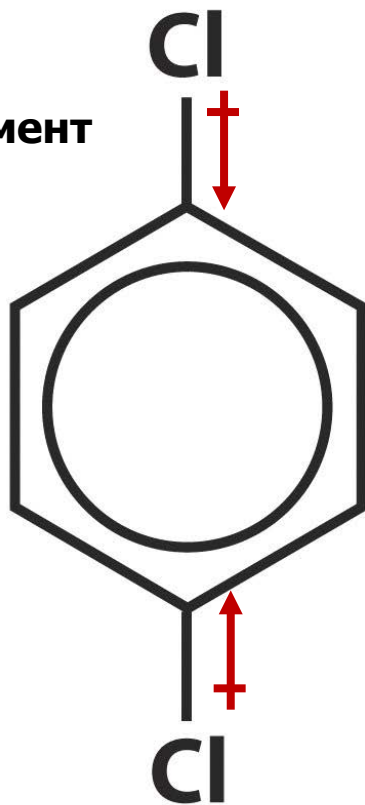
Предвидување на релативните температури на вриење врз основа на дипол-дипол интеракции



Која супстанца, *p*-дихлоробензен или *o*-дихлоробензен, ќе се карактеризира со поголема температура на вриење ?

нема диполен момент

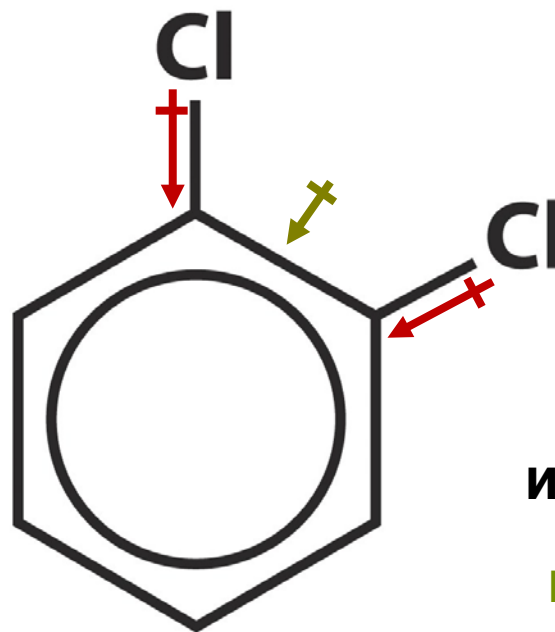
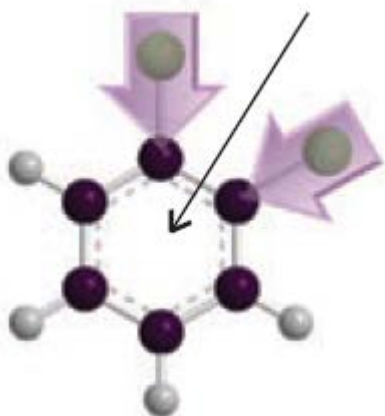
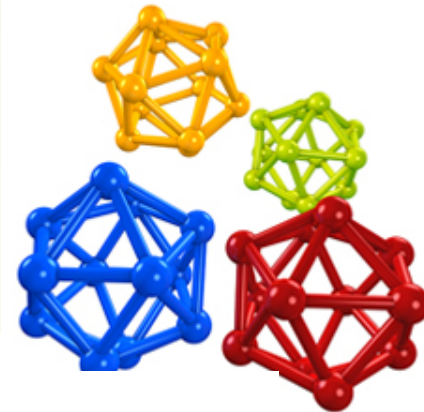
Неполарна молекула



p-дихлоробензен



Предвидување на релативните температури на вриење врз основа на дипол-дипол интеракции



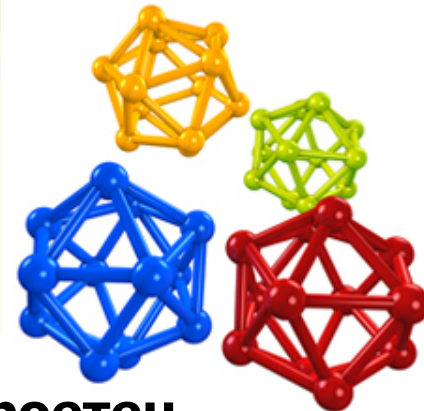
Има диполен момент

Поларна молекула

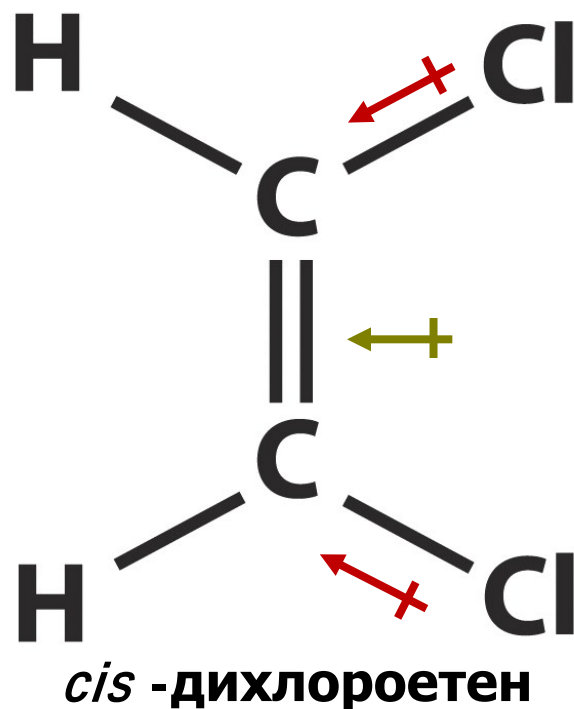
o -дихлоробензен

Експериментални податоци:
 $T_v(p\text{-дихлоробензен}) = 174\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_v(o\text{-дихлоробензен}) = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$

Предвидување на релативните температури на вриење врз основа на дипол-дипол интеракции



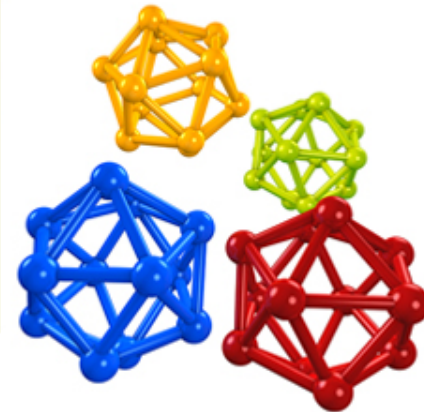
Која супстанца, *cis* -дихлороетен или *trans* -дихлороетен, ќе се карактеризира со поголема температура на вриење ?



Има диполен момент

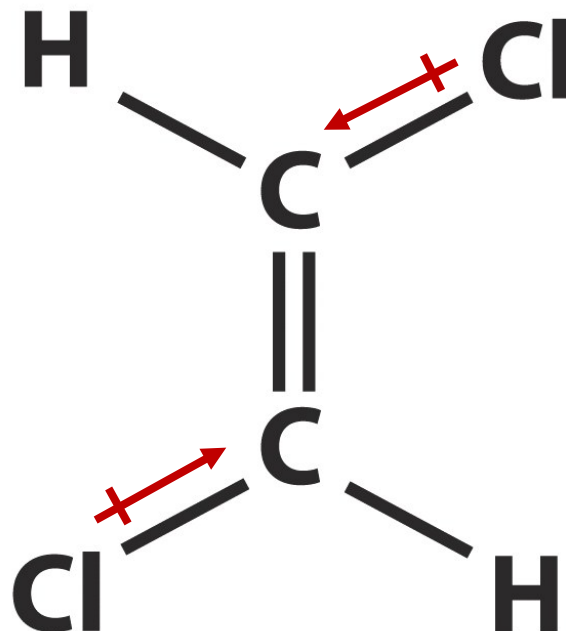
Поларна молекула

Предвидување на релативните температури на вриење врз основа на дипол-дипол интеракции



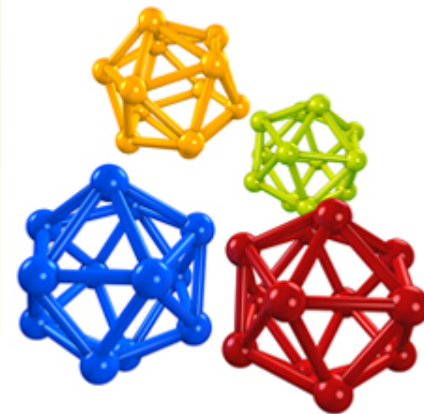
Нема диполен момент

Неполарна молекула



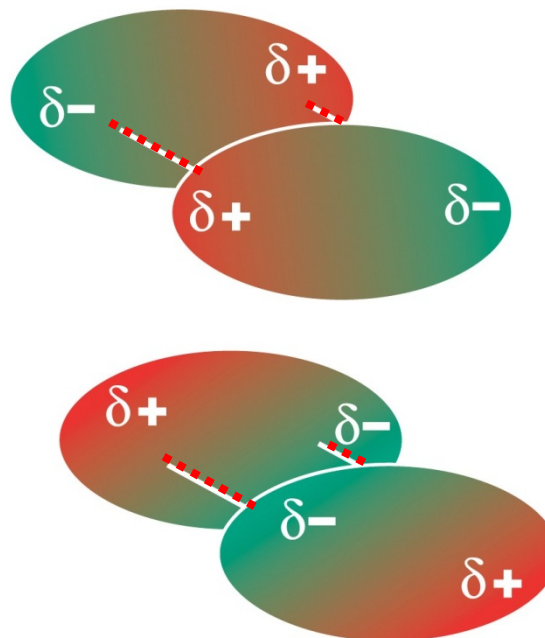
trans -дихлороетен

Лондонови сили



Моменталниот диполен момент е резултат на моменталната промена на електронската распределба.

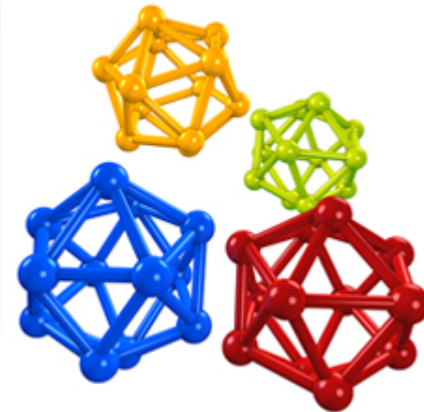
Моменталниот диполен момент предизвикува промена на електронската распределба кај околните молекули и појава на нови диполни моменти.



Привлечни
интеракции

Привлечните интеракции меѓу молекулите егзистираат дури и при флуктуации на електронската распределба.

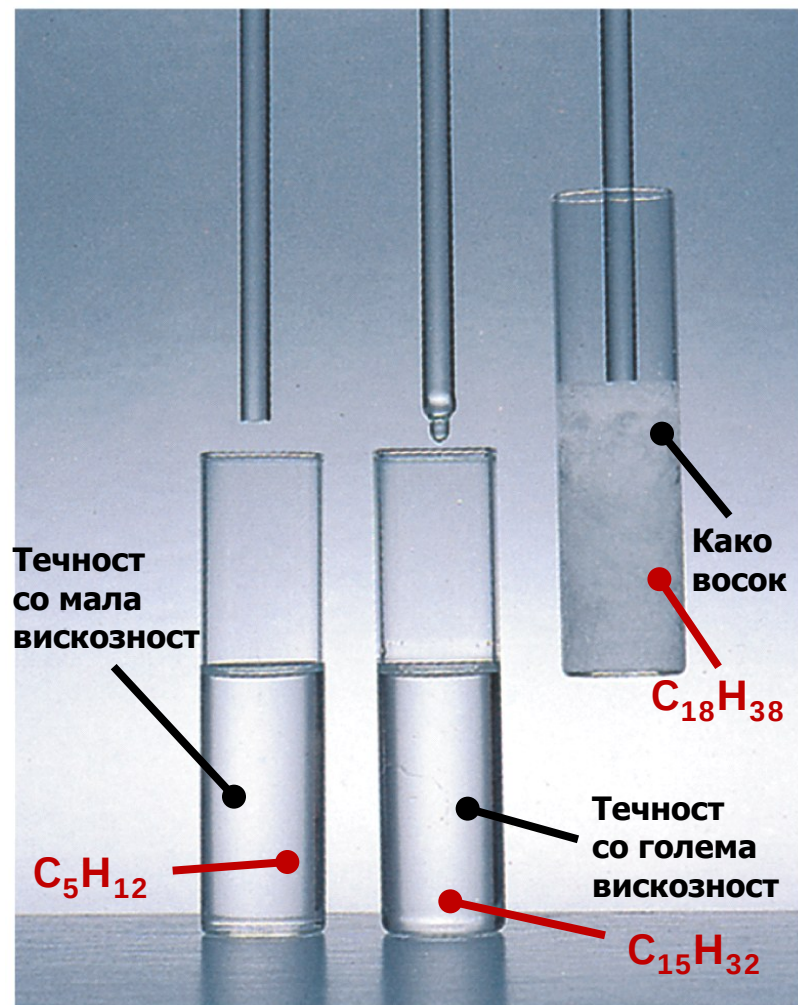
Лондонови сили



$$E_p \propto -\frac{\alpha_1 \alpha_2}{r^6}$$

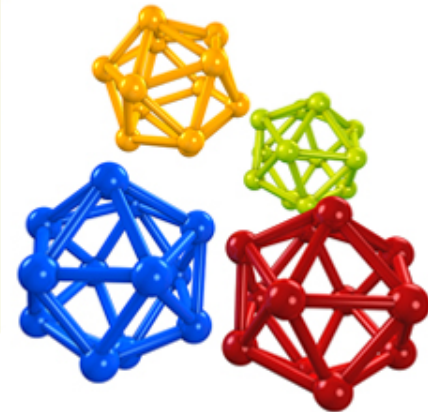
Што може да заклучиме од изразот?

- ✓ Лондоновите интеракции рапидно опаѓаат со зголемување на растојанието меѓу молекулите кои взаеMODEЈСТВУВААТ
- ✓ Се зголемуваат со пораст на поларизабилноста на молекулите кои взаеMODEЈСТВУВААТ

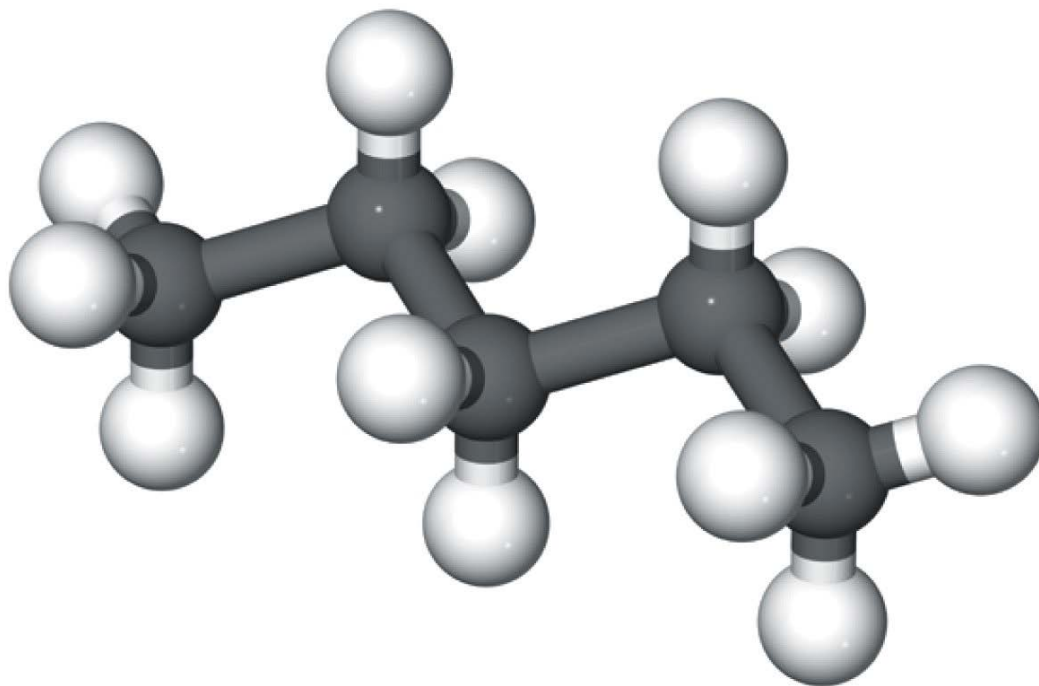


Лондоновите сили се зголемуваат како што се зголемува должината на јаглеродната низа (т.е. соодветните молекули се пополаризабилни).

Лондоновите сили зависта и од формата на молекулите!



**Која супстанца, пентан или 2,2 -диметилпропан,
ќе се карактеризира со поголема температура на вриење ?**

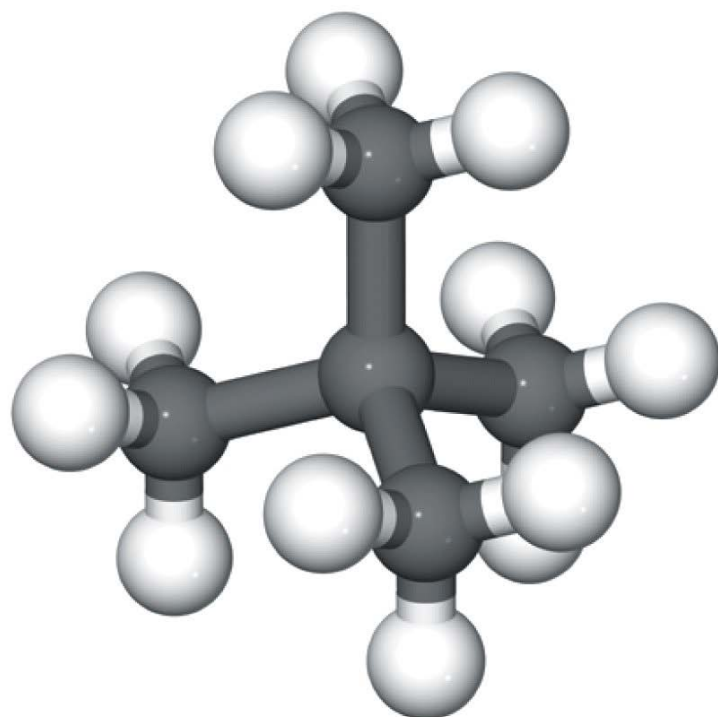
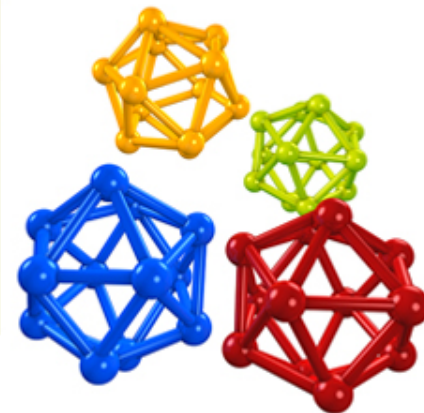


пентан

**Според формата,
молекулата
потсетува на
цилиндер или стап.**

**Интеракцијата
меѓу соседните
молекули на
пентан е силна.**

**Температура на
вриење = 36°C**



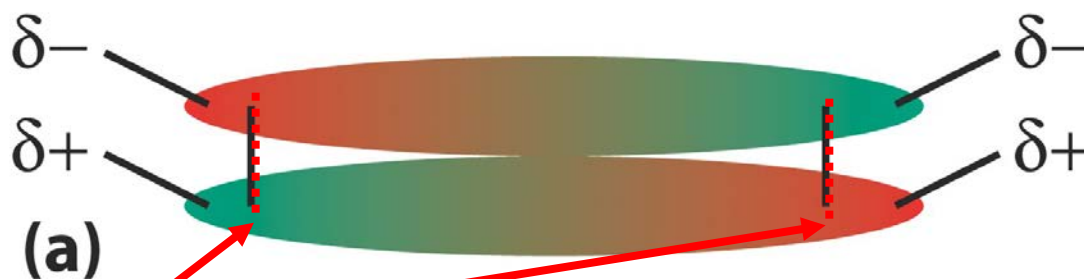
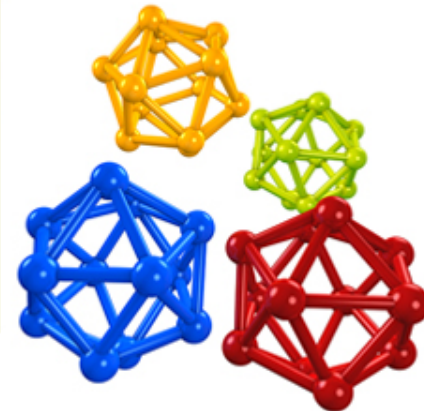
2,2-диметилпропан

**Според формата,
молекулата личи на
сфера.**

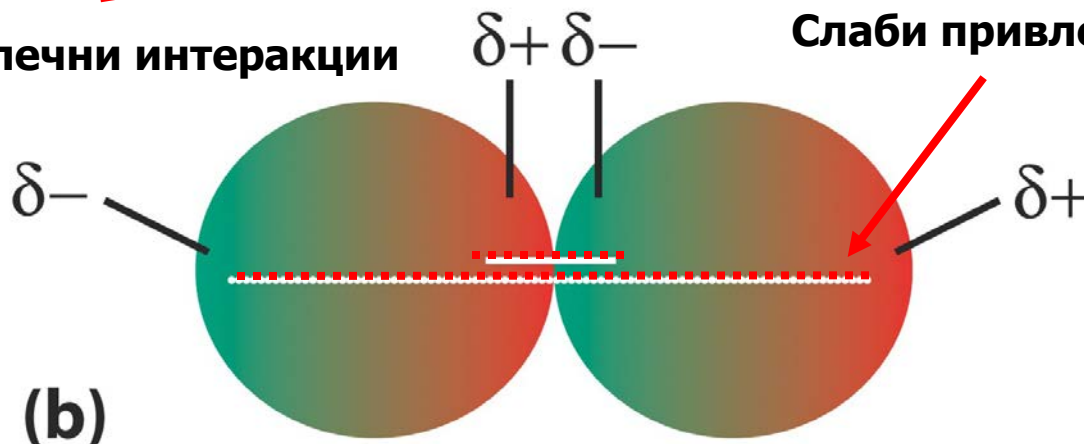
**Слаба интеракција
меѓу соседните
молекули.**

**Температура на
вриење = 10°C**

Лондонови сили: Формата на молекулите



Силни привлечни интеракции

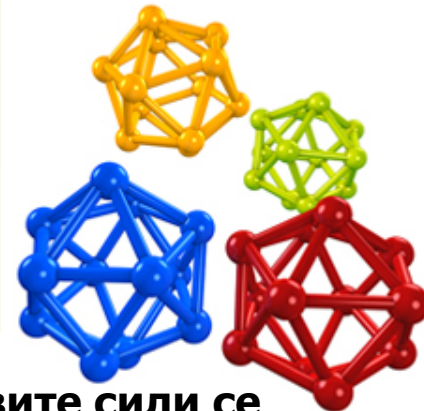


Слаби привлечни интеракции

Генерално, Лондоновите сили меѓу молекулите со цилиндрична форма се посилни во споредба со сферните молекули.

Лондонови сили:

Температури на топење и на вриење



Супстанца	Температура на топење / °C	Температура на вриење / °C
-----------	----------------------------	----------------------------

Инертни гасови

He	↓ -270 (3.5 K)*	↓ -269 (4.2 K)
Ne	-249	-246
Ar	-189	-186
Kr	-157	-153
Xe	↓ -112	↓ -108

Халогени гасови

F ₂	↓ -220	↓ -188
Cl ₂	-101	-34
Br ₂	-7	59
I ₂	↓ 114	↓ 184

Халиди на водородот

HF	-93	20
HCl	↓ -114	↓ -85
HBr	↓ -89	↓ -67
HI	↓ -51	↓ -35

HF е исклучок кој се должи на водородната врска.

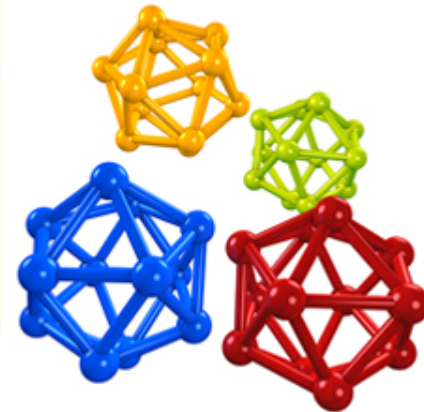
Лондоновите сили се зголемуваат со зголемување на бројот на електрони.

T_v и T_t (T_m) на супстанции, чии молекули се неполярни, се зголемуваат со зголемување на Лондоновите сили.

Помали диполни моменти треба да резултираат со помали температури на топење и вриење.

Но, кај халидите на водород, Лондоновите сили се подоминантни во споредба со дипол-дипол интеракциите.

Температури на топење и на вриење



Супстанца	Температура на топење / °C	Температура на вриење / °C
-----------	-------------------------------	-------------------------------

Неоргански супстанци

H ₂	-259	-253
N ₂	-210	-196
O ₂	-218	-183
H ₂ O	0	100
H ₂ S	-86	-60
NH ₃	-78	-33
CO ₂	—	-78s
SO ₂	-76	-10

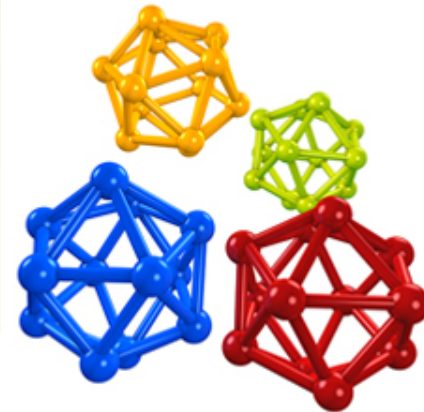
**Образуваат силни
водородни врски.**

Органски супстанци

CH ₄	-182	-162
CF ₄	-150	-129
CCl ₄	-23	77
C ₆ H ₆	6	80
CH ₃ OH	-94	65

Неполарни

Дипол-индуциран дипол интеракции

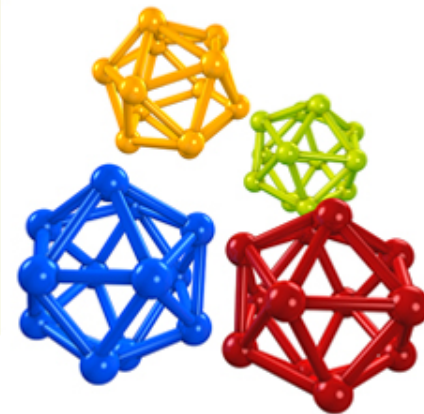


$$E_p \propto -\frac{\mu_1^2 \alpha_2}{r^6}$$

$$E_p \propto -\frac{C}{r^6}$$

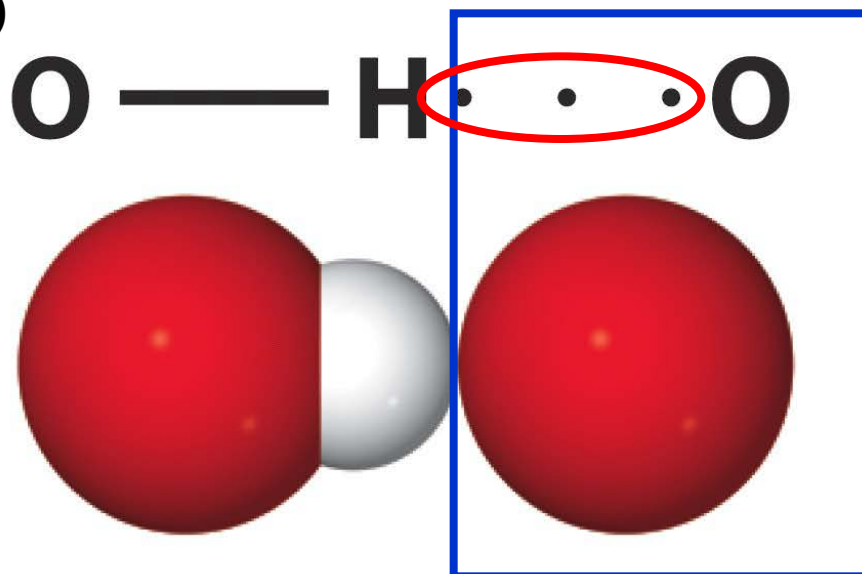
**Ван-дер Валсовски
интеракции**

Водородна врска



Меѓумолекулско
привлекување
(најчесто)

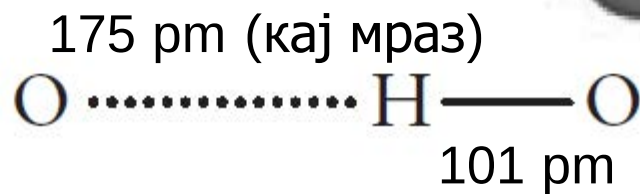
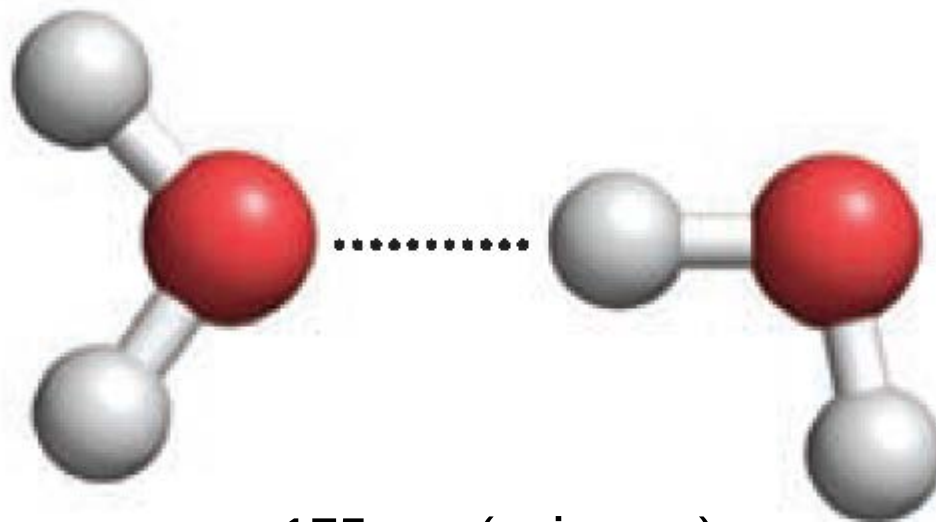
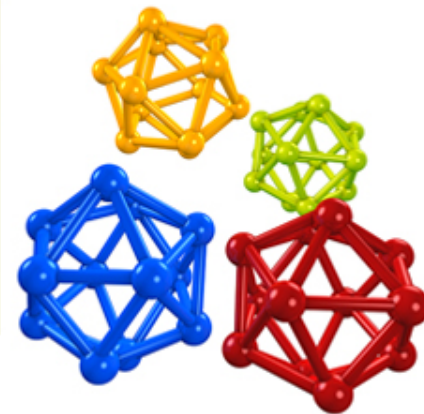
Дел од соседната молекула



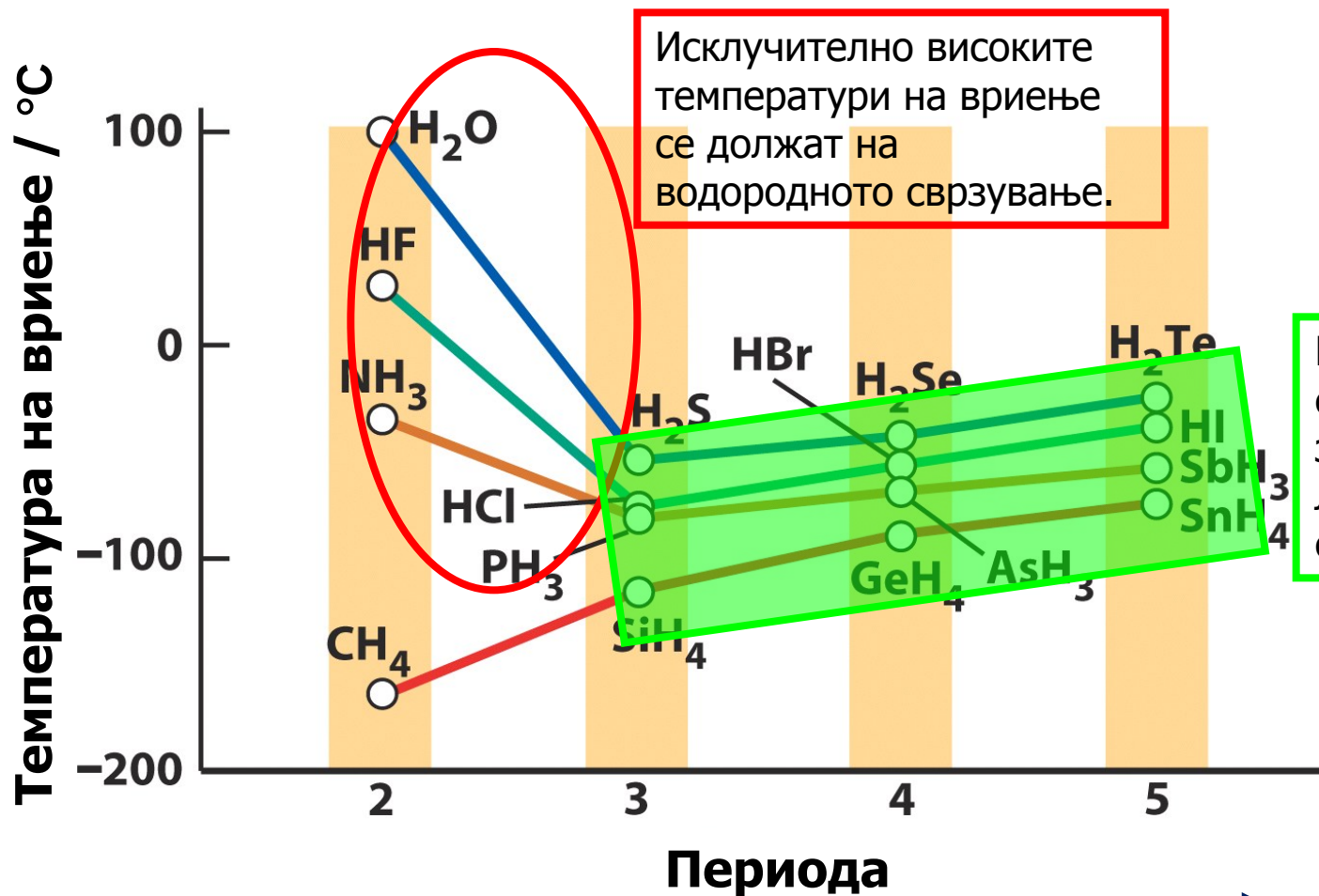
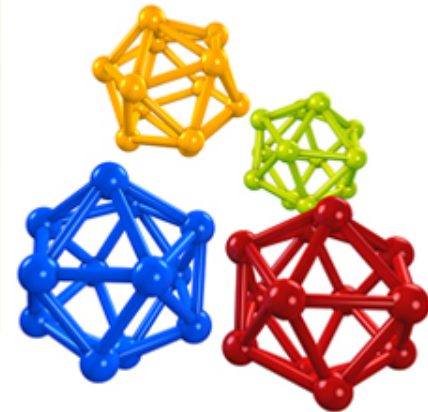
Водородна “врска”

Нековалентна

Водородна врска (во вода)

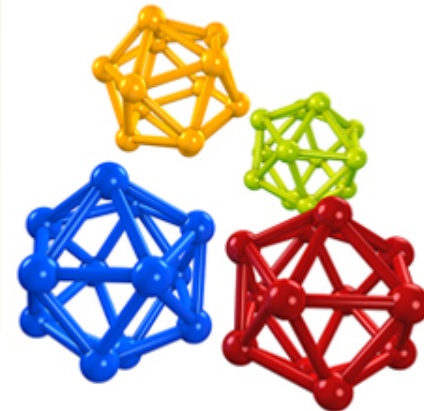


Температура на вриење на некои од хидридите на елементите од *p*-блокот



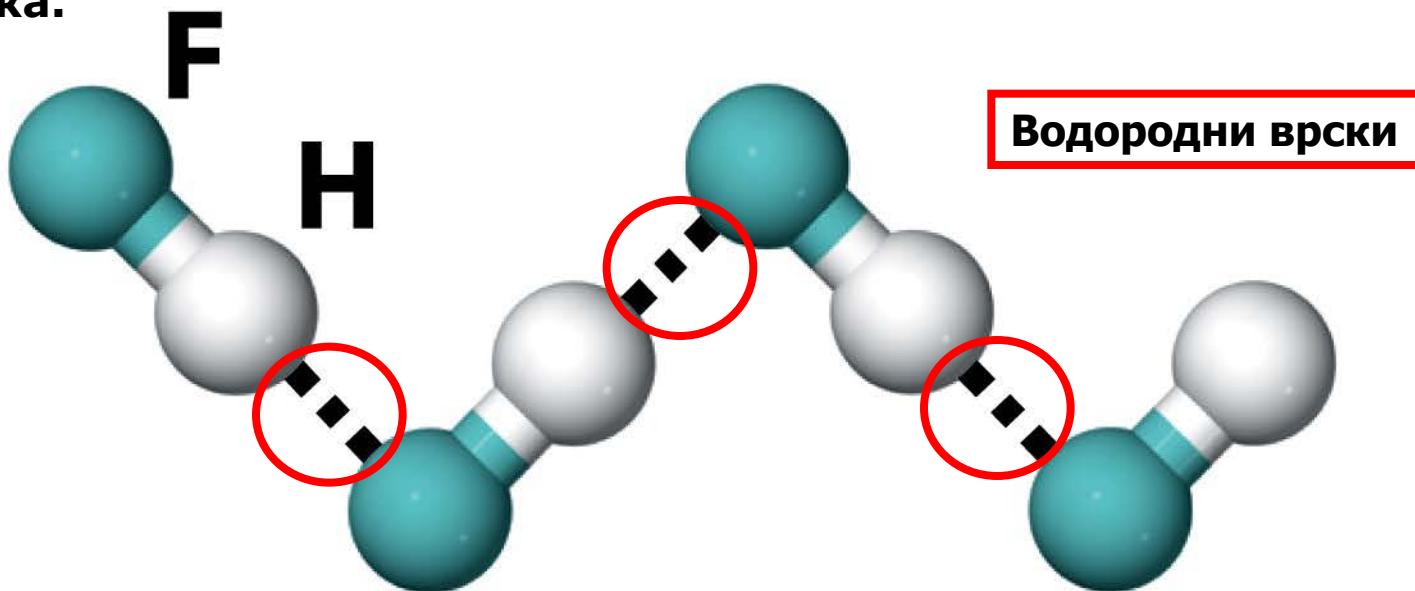
Растечкиот тренд се должи на зголемување на Лондоновите сили.

Моларната маса се зголемува

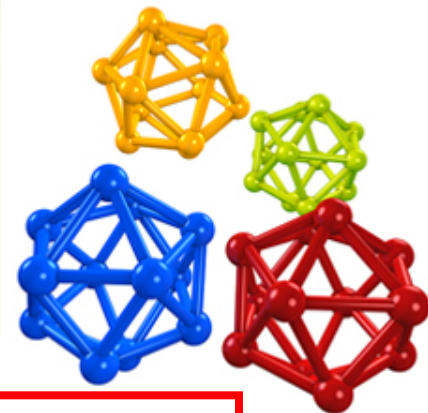


Водородните врски се најсилни меѓу меѓумолекулските интеракции. Според јачината, водородната врска е околу 10 % од јачината на ковалентната врска.

HF во течна фаза содржи низи од молекули на HF.

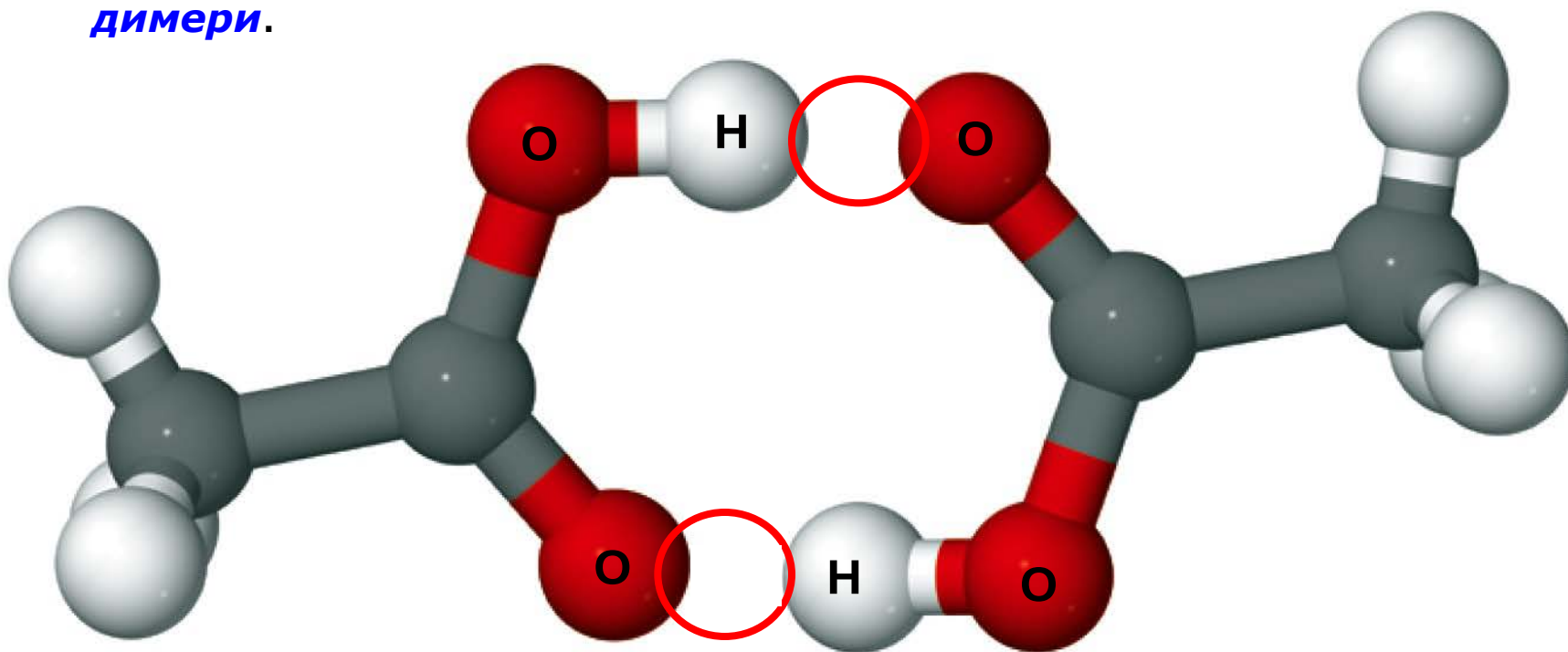


Флуороводород, $(\text{HF})_n$

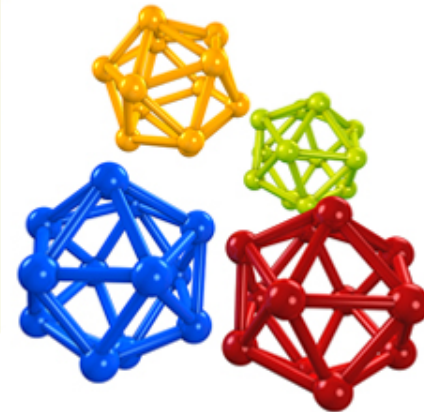


Карбоксилните киселини често
егзистираат како парови од молекули т.е
димери.

Водородни врски



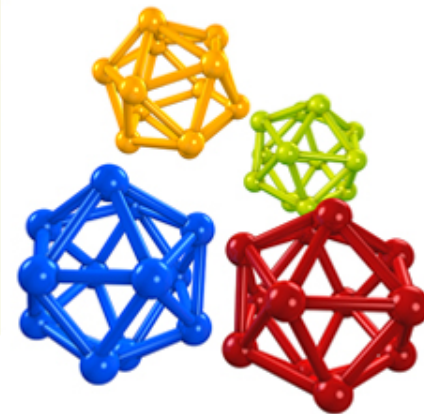
Димер на оцетна киселина



Целулозата е клучна структурна компонента на растенијата.

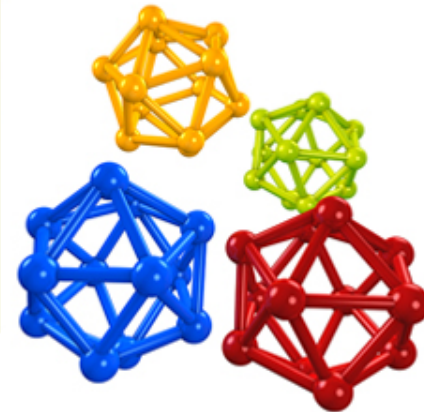
Молекулите на целулоза се држат заедно со помош на водородни врски слично како кај водата.

Без водородни врски, растенијата не можат да стојат исправено.



1. Кај кои од наведените молекули ќе бидат релевантни дипол-дипол интеракциите:

- a) O_2
- b) O_3
- c) CO_2
- d) SO_2 ?



2. Која супстанца од секој од наведените парови супстанци е поверојатно дека има повисока температура на вриење:

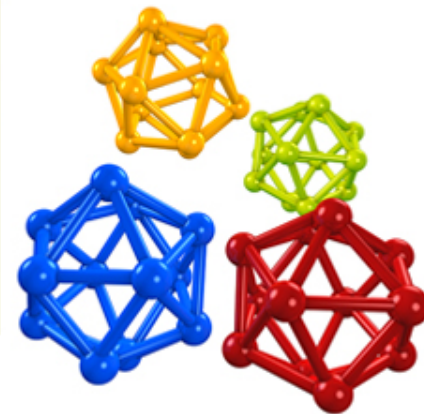
a) H_2S или H_2Se

b) NaCl или CH_3Cl

c) NH_3 или PH_3

d) SiH_4 или SiF_4 ?

Објаснете!



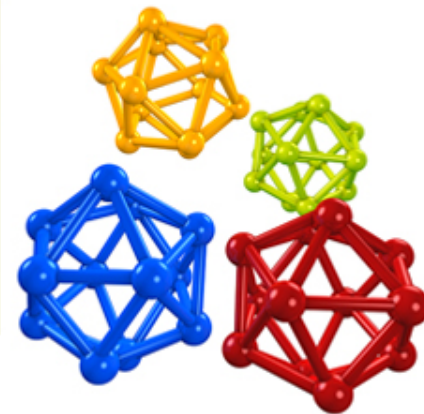
3. Со помош на VSEPR моделот предвидете каква форма имаат следните молекули и идентификувајте која супстанца од наведените парови има повисока температура на вриење:

a) PBr_3 или PF_3

b) SO_2 или CO_2

c) BF_3 или BCl_3

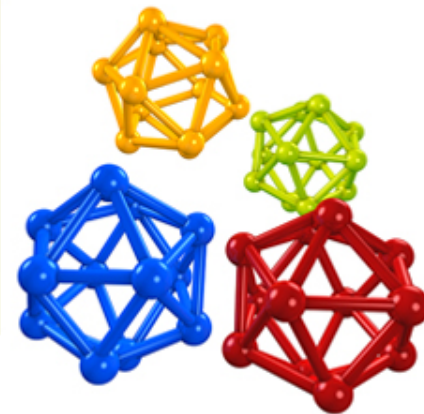
Објаснете!



4. За секој пар, да се идентификува супстанцата која се карактеризира со посилни меѓумолекулски интеракции:

- a) Xe, Kr
- b) SF₄, SF₆
- c) NH₃, PH₃
- d) K₂S, H₂S

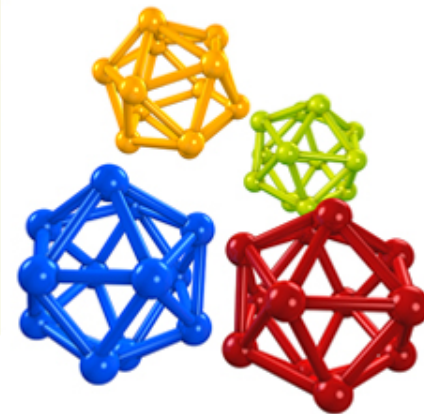
Објаснете!



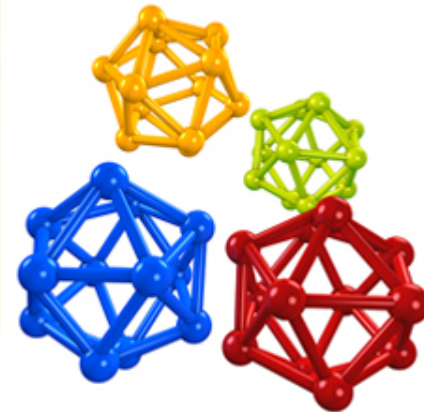
5. Кои од следните молекули може да образуваат водородни врски:

- a) PH_3
- b) HBr
- c) C_2H_4
- d) HNO_2

Објаснете!

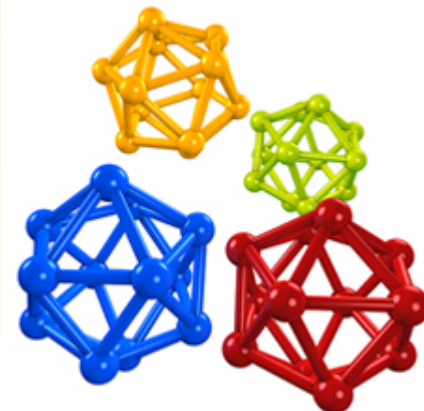


6. Објаснете ја разликата во температурата на вриење на AsF_3 ($63\text{ }^\circ\text{C}$) и AsF_5 ($-53\text{ }^\circ\text{C}$).



7. Објаснете зошто:

- а) температурата на топење на цврст ксенон е $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$, додека на цврст аргон $-189\text{ }^{\circ}\text{C}$.**
- б) Парниот притисок на диетил етер ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) е поголем од парниот притисок на водата.**
- в) Температурата на вриење на пентан, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ е $36,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, додека на 2,2-диметилпропан, $\text{C}(\text{CH}_3)_4$, е $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.**



**8. При кој начин на подредување на молекулите на амонијак (I, II, III)
Меѓумолекулските привлечни интеракции се најсилни? Зошто?**

