

Комплексни соединенија

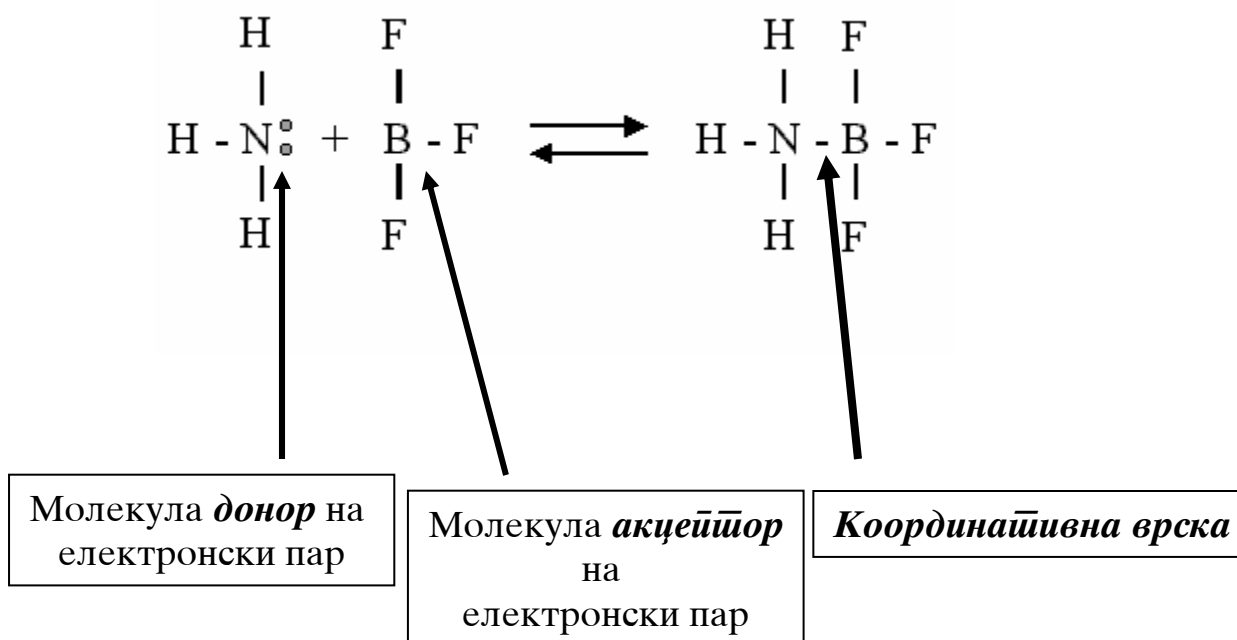
(2 часа)

Комплексни соединенија

- Комплексните соединенија се добиваат со поврзување на повеќе видови атоми во една сложена и стабилна честичка.
- Комплексните честички (тоа се најчесто јони) се стабилни како во составот на јонска кристална решетка, така и слободни во водни раствори.
- Врската во комплексните соединенија обично се нарекува координативна врска.

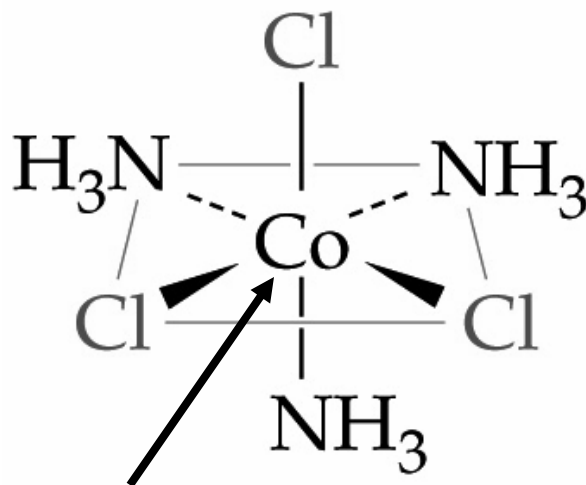
Внимание! Координативната врска не е посебен вид хемиска врска. Таа е обична ковалентна врска.

- Координативната врска се формира по **донор-акцепторски** механизам и нејзината специфичност се состои само во фактот што заедничкиот електронски пар што ја сочинува ковалентната врска потекнува само од еден учесник во врската.



$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]^-$ - триамминтрихлорокобалтат(II)-јон

Сите атоми што го координираат (опкружуваат) комплексообразувачот ја сочинуваат координациската сфера на комплексот.



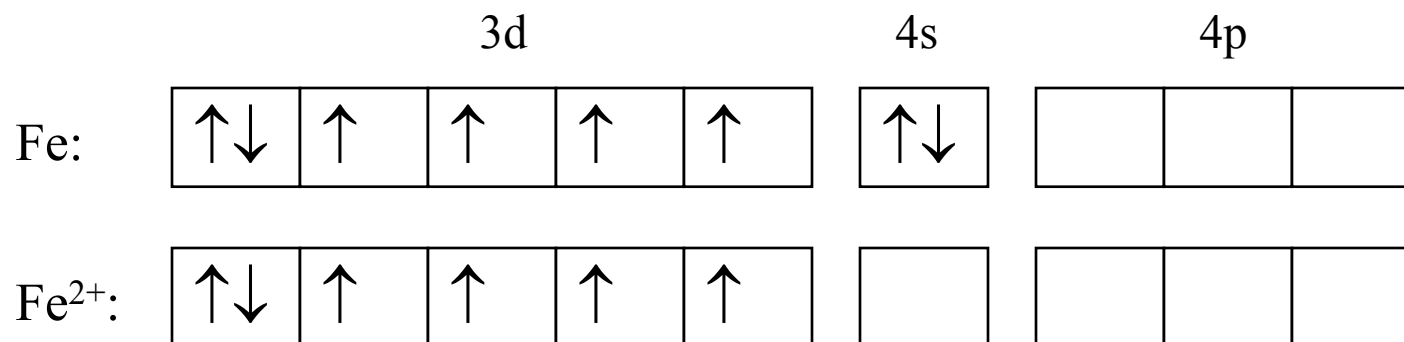
Врската помеѓу лигандите и комплексообразувачот најчесто е **йоларна ковалентна врска**, заради значителната разлика во електронегативноста помеѓу лигандите и комплексообразувачот

Централен атом
Комплексообразувач

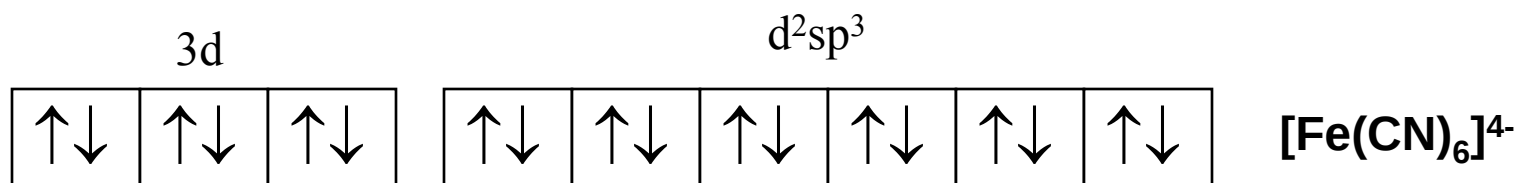
Молекулите NH_3 и атомите Cl се викаат **лиганди**.

- ❖ Како комплексообразувачи најчесто се среќаваат преодните елементи.
- ❖ Катјоните на преодните елементи немаа стабилна електронска конфигурација на инертните гасови. Од овие причини, катјоните на преодните елементи можат да поврзуваат поголем број на лиганди настојувајќи да постигнат стабилна електронска конфигурација на наредниот инертен гас.
- ❖ Преодните елементи имаат слободни s , p и d орбитали, а при формирањето на врски со лигандите доаѓа до хибридизирање на овие орбитали.

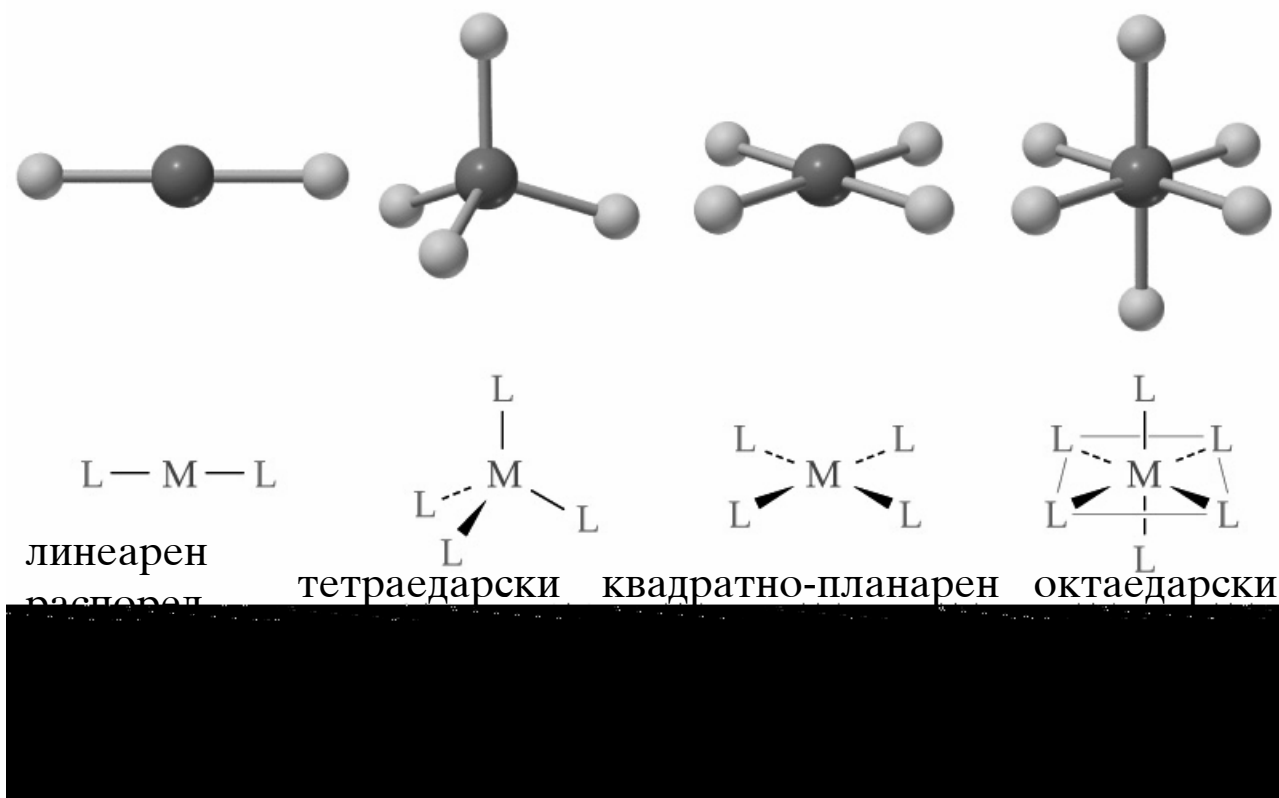
- **Пример:** Формирање на комплексниот јон $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ (хесацијаноферат(II) јон)
- **Конфигурација на валентните електрони**



- Fe²⁺ може да прими 12 електрони за да постигне конфигурација на наредниот инертен гас, со што би имал вкупно 18 валентни електрони. Овие 12 електрони ги донираат шесте CN⁻ јони, при што се формираат шест ковалентни врски помеѓу CN⁻ јоните (лиганди) и Fe²⁺ јонот (комплексобразувач). При ова, доаѓа до d^2sp^3 хибридизација, при што се формираат шест еквивалентни d^2sp^3 пополнети хибридни орбитали што содржат вкупно 12 спарени електрони, а останатите шест електрони се сместени во 3d орбиталите. d^2sp^3 хибридните орбитали имаат октаедарски просторен распоред.



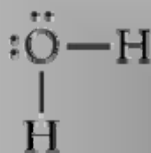
Бројот на хемиски врски образувани помеѓу централниот атом и лигандите се нарекува **координациски број**. Координацискиот број најчесто е 2, 4 или 6.



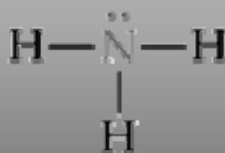
Најчесто среќавана геометрија на комплексните честички. Геометријата на комплексните честичките зависи од видот на хибридизација на валентните орбитали на централниот атом.

Лигандите што градат само една координативна врска со комплексообразувачот се нарекуваат **монодентатни лиганди**. Овие лиганди користат само еден електронски пар за координирање и поврзување со комплексообразувачот.

монодентатни лиганди



вода



амонијак



хлориден
јон



цијаниден
јон



јаглерод
моноксид



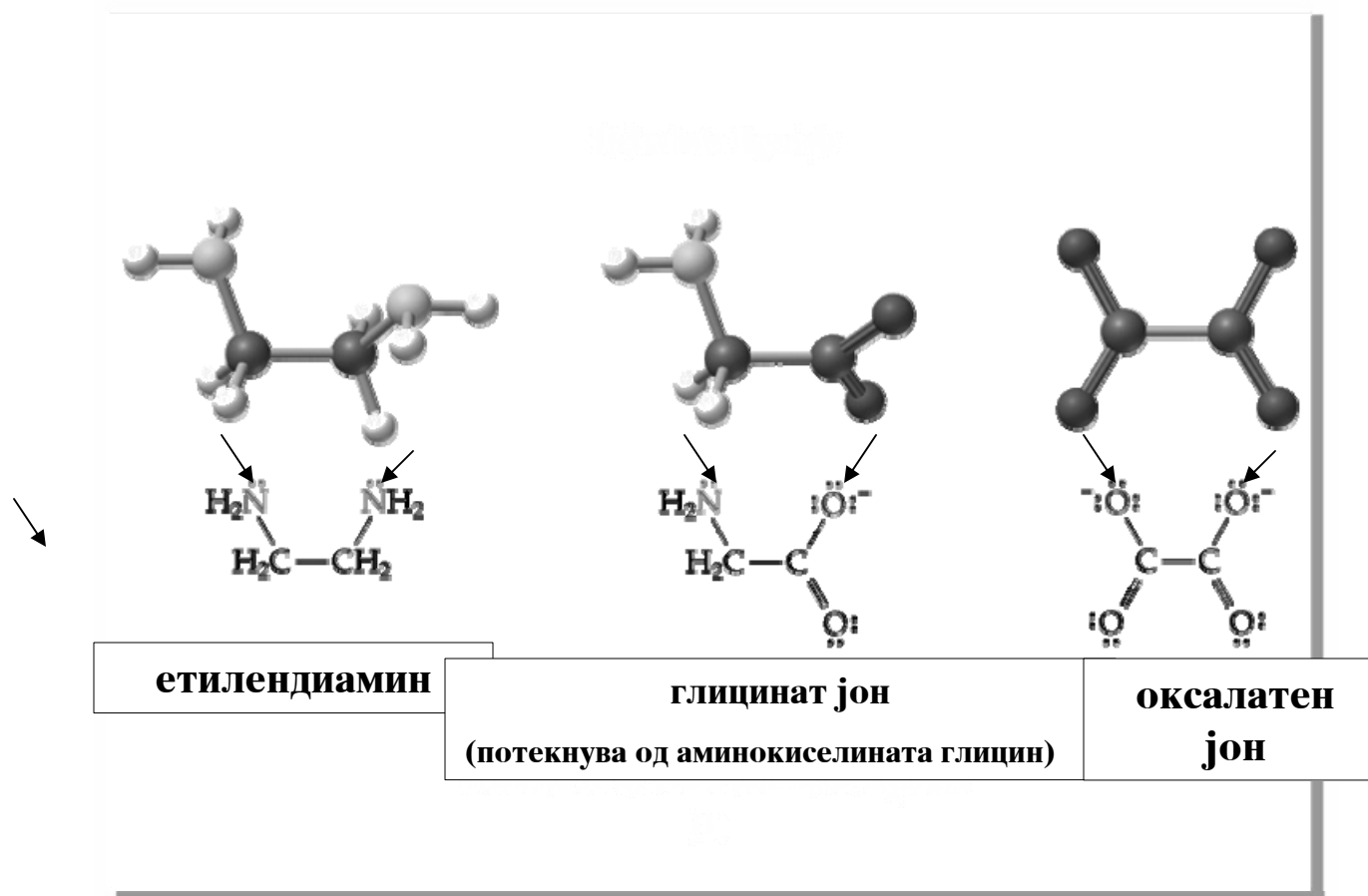
тиоцијанатен
јон



хидроксиден
јон

Луисови формули на некои најчесто
среќавани монодентатни лиганди

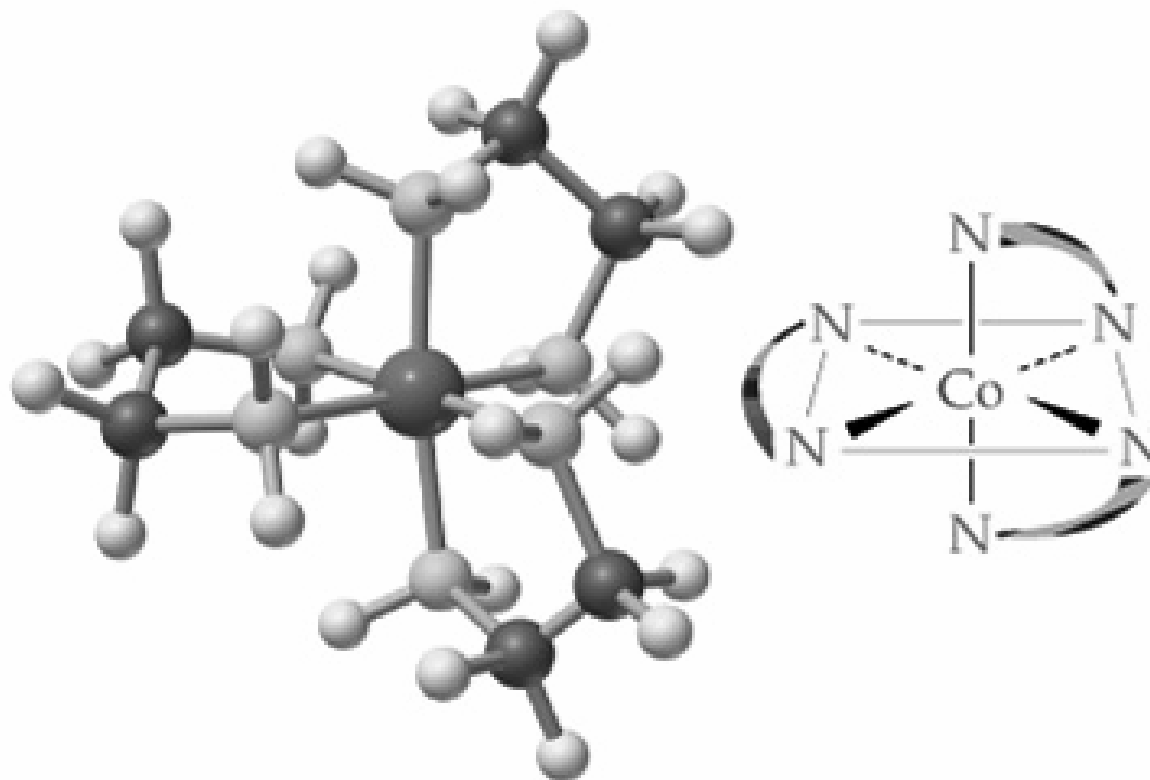
Лигандите што градат истовремено две координативни врски со комплексообразувачот се нарекуваат **бидентатни лиганди**. Овие лиганди користат два електронски парови за координирање и поврзување со комплексообразувачот.



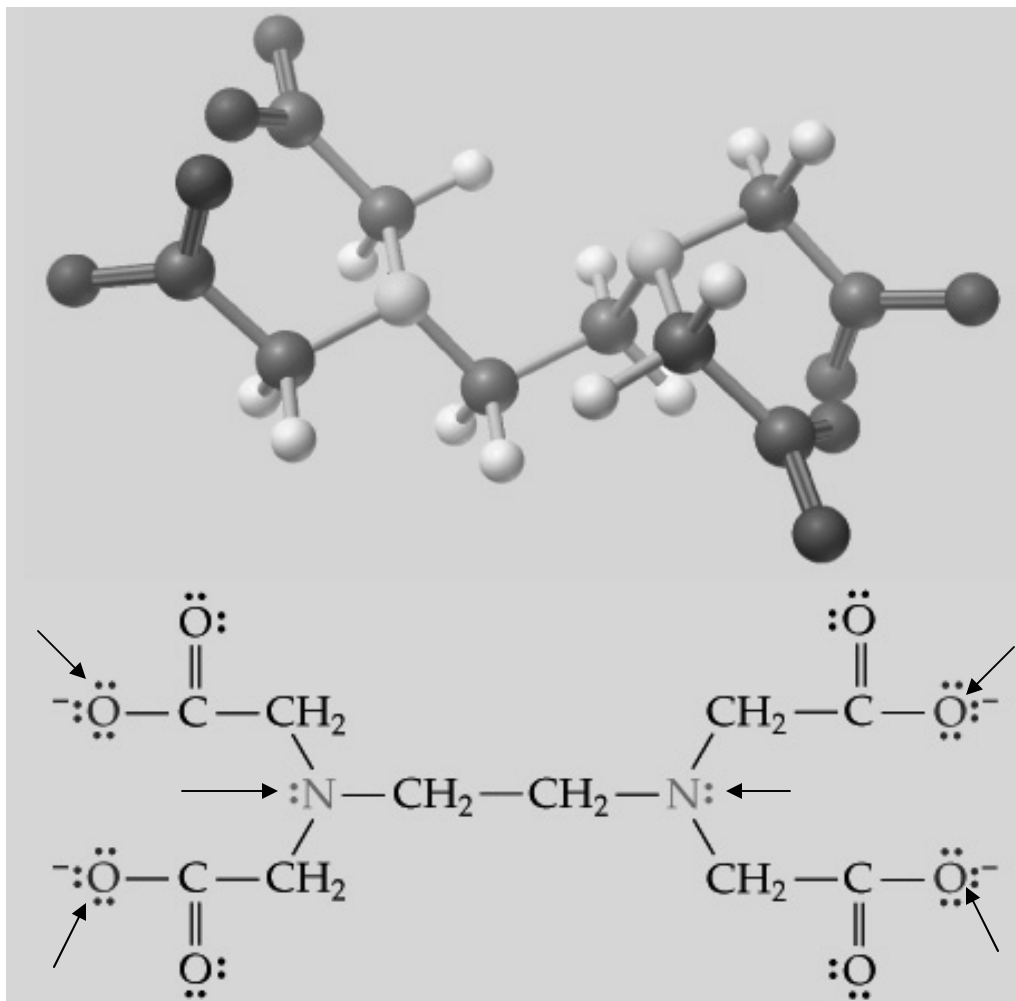
Луисови формули на некои бидентатни лиганди.

(Стрелките на цртежот ги означуваат двата електронски парови кои истовремено се користат за поврзување со комплексообразувачот.)

Шематски приказ на молекулската структура на
комплексот на Co со етилендиамин



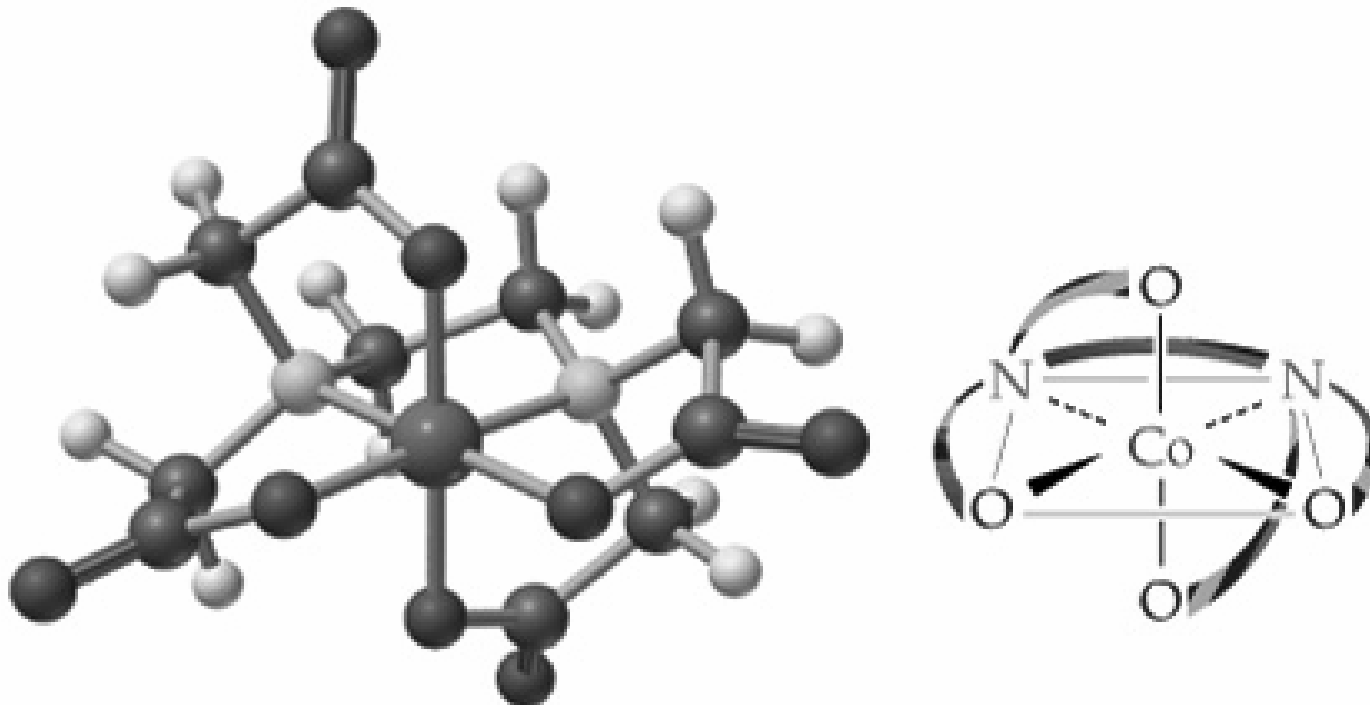
Хексаденїайен лиганд



Етилендиаминтетраацетат⁴⁻ јон (EDTA)

(Стрелките на цртежот ги означуваат шесте електронски парови кои истовремено се користат за поврзување со комплексообразувачот.)

Шематски приказ на молекулската структура на комплексот на Co со EDTA

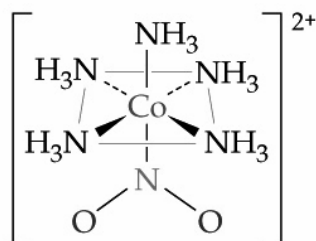


Лиганите што можат да го координираат комплексобразувачот со повеќе од еден електронски пар, со заедничко име се нарекуваат **полидентатни лиганди**. Полидентатните лиганди уште се нарекуваат **хелатни лиганди** (хелатни агенси), а соодветните комплекси се викаат **хелати**.

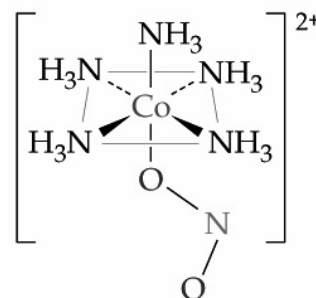
*Појекло на називот хелати: **Chele**, од грчкиот назив за канџи. “Хелатниите лиганди цврсто го држат комплексобразувачот во нивните канџи.”*

Изомерија кај комплексните соединенија

- Во природата често се среќаваме со две или повеќе различни супстанции што имаат ист хемиски состав (идентична емпириска и молекулска формула). Оваа појава е наречена изомерија.
- Изомеријата е честа појава кај комплексните соединенија.



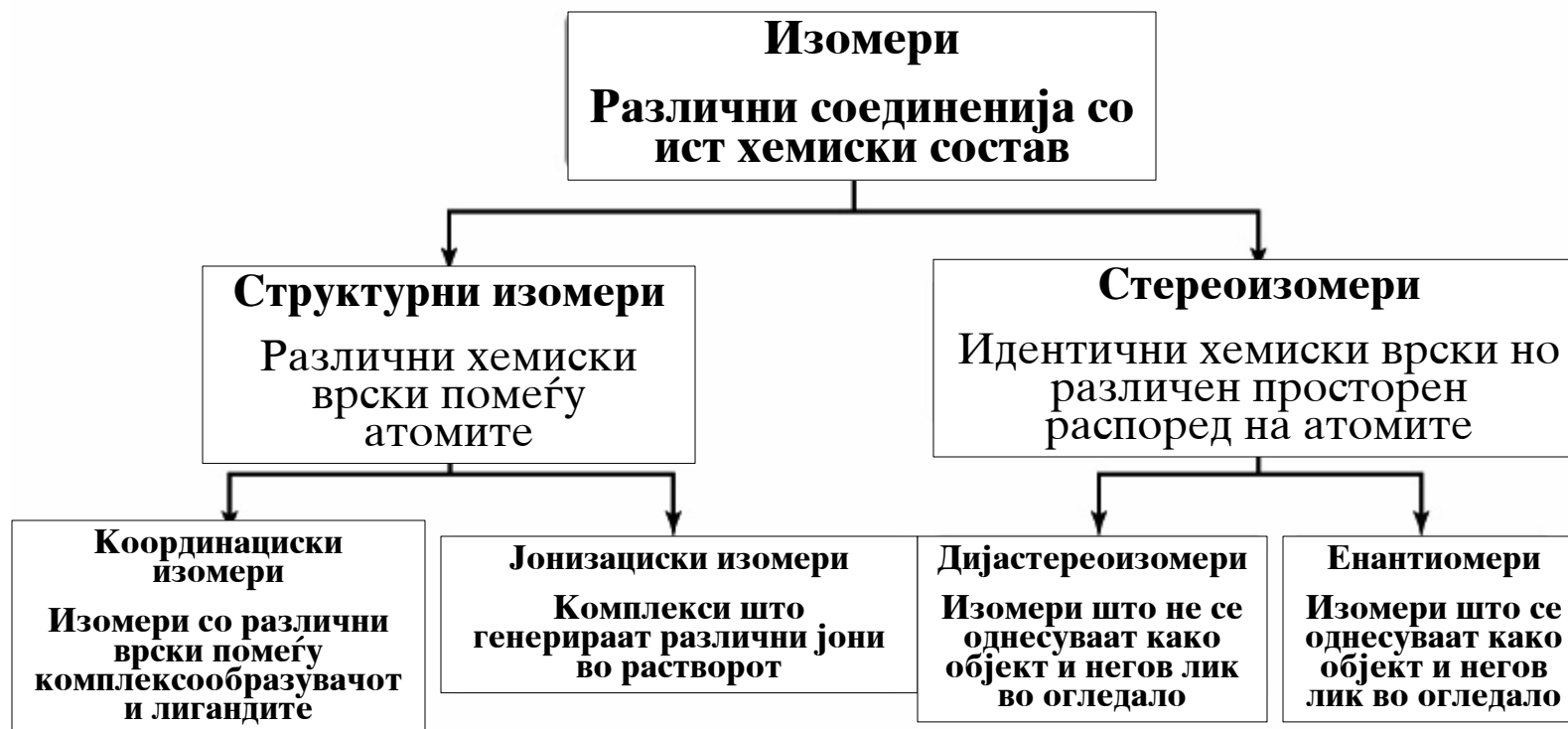
(a)



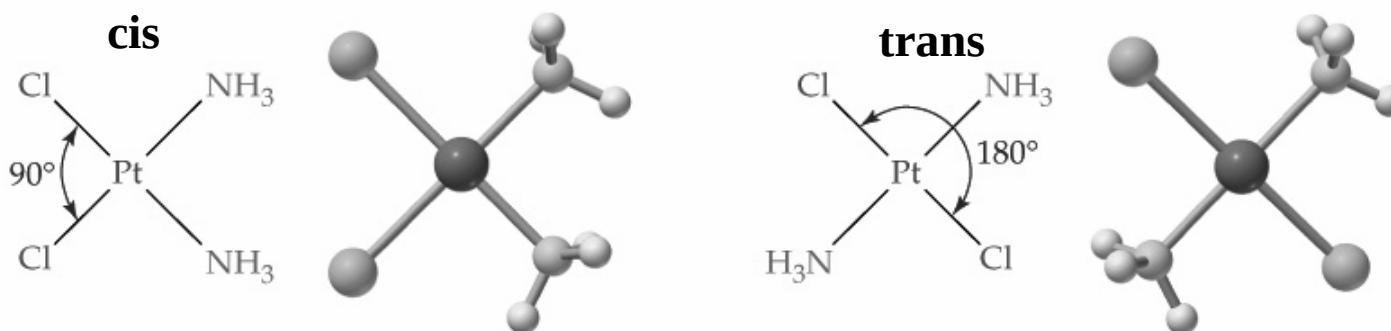
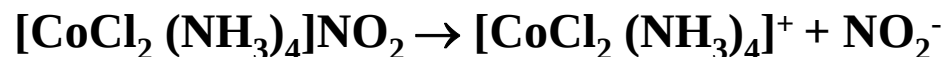
(b)

Пример за две изомерни комплексни супстанции. Двете супстанции содржат комплексен јон со идентичен хемиски состав. Меѓутоа, во едната супстанца (a) NO_2^- лигандот го координира комплексообразувачот преку N атомот, а во другата (б) преку O атомот.

Видови изомерни супстанции

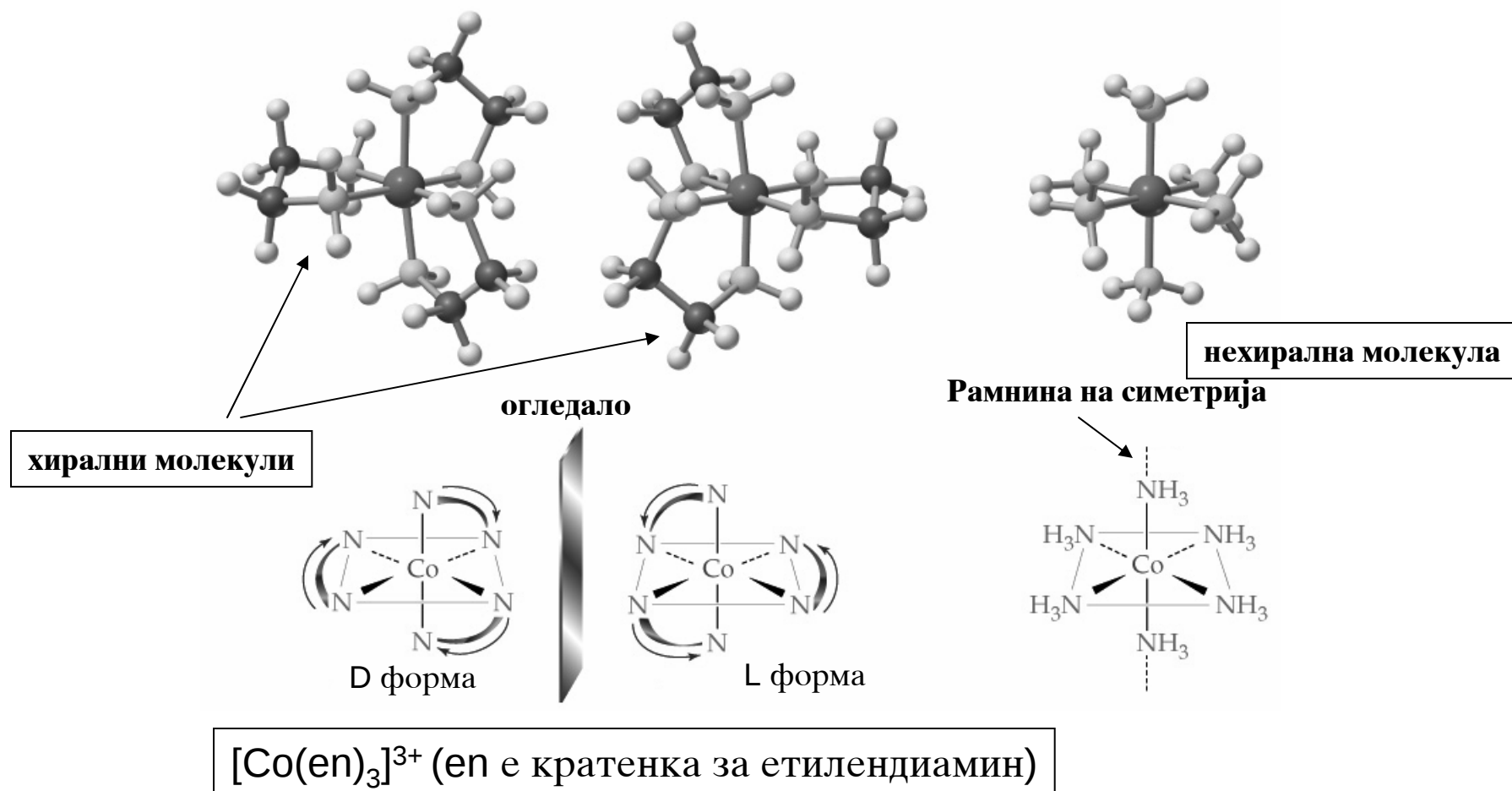


- Изомерите на страна 230 се **сѝрукѝурни**, односно **координациски** изомери, бидејќи се разликуваат според видот на врски помеѓу комплексобразувачот и лигандите. Тие значително се разликуваат во своите физички и хемиски својства.
- $[\text{CoCl}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$ и $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{NO}_2$ се **сѝрукѝурни**, односно **јонизациски** изомери. Едниот изомер во водни раствори генерира Cl^- јони, а другиот генерира NO_2^- јони. И овој вид на изомери се разликуваат значително во нивните физички и хемиски својства.



Примери за **сѝереоизомери**, односно **дијасѝереоизомери**. Овие изомери се разликуваат само по просторниот распоред на лигандите. Тие не се оптички изомери, затошто не се однесуваат како предмет и лик во огледало. Изомерите на сликата уште се познати како **геометриски изомери**, од кои едниот е т.н. **cis** изомер, а другиот е **trans** изомер. Овие изомери имаат различна точка на топење, често имаат различна боја, различна хемиска реактивност итн.

Примери за **сїтереоизомери**, односно **енанїиомери**. Овој вид на изомерија уште се нарекува **опїиичка изомерија**, а молекулите што се оптички изомери се викаат **хирални молекули**. Овие изомери се однесуваат како предмет и лик во огледало. Во геометриска смисла, оптичките изомери се однесуваат како дланките на човекот. Десната дланка е огледалска слика на левата дланка (важи и обратното). Со други зборови, ако ја поставиме десната рака пред огледало, ликот во огледалото е идентичен со левата рака. Но, левата и десната рака не можат никогаш идеално да се поклопат доколку се обидеме над десната рака да ја поставиме левата.

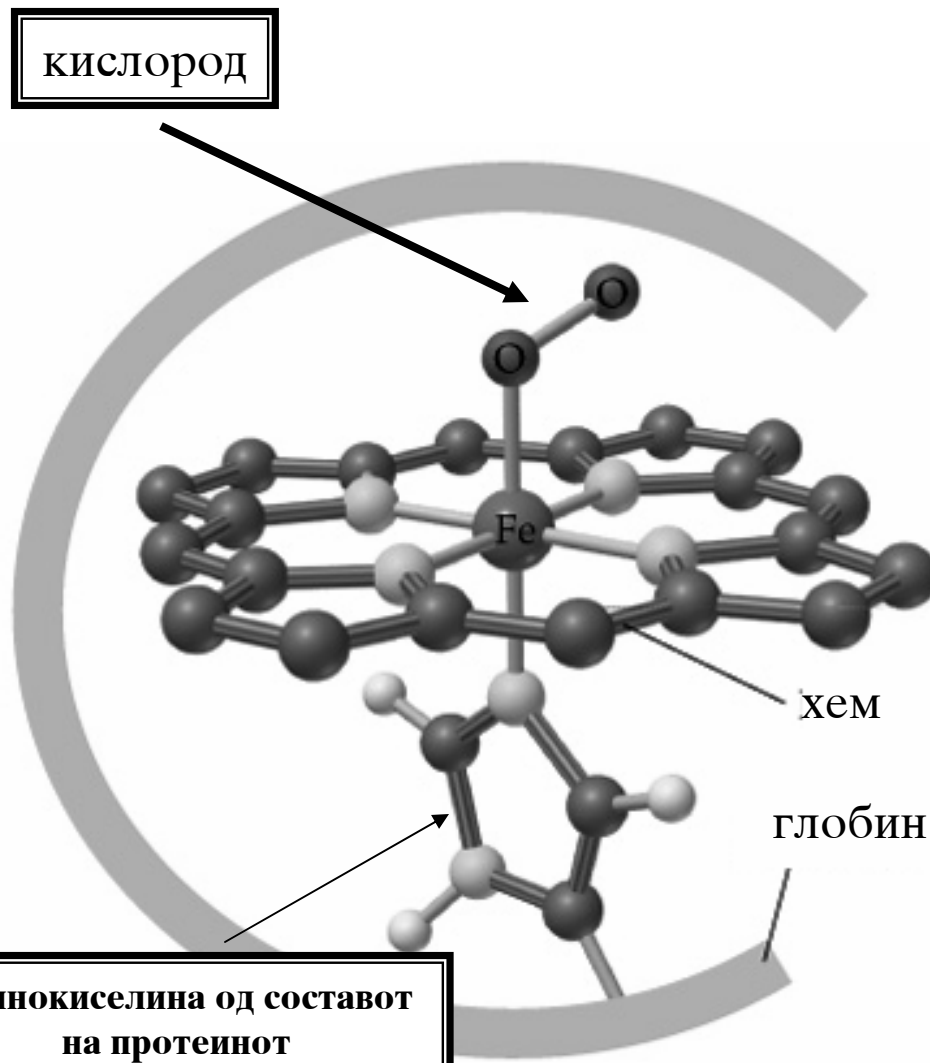
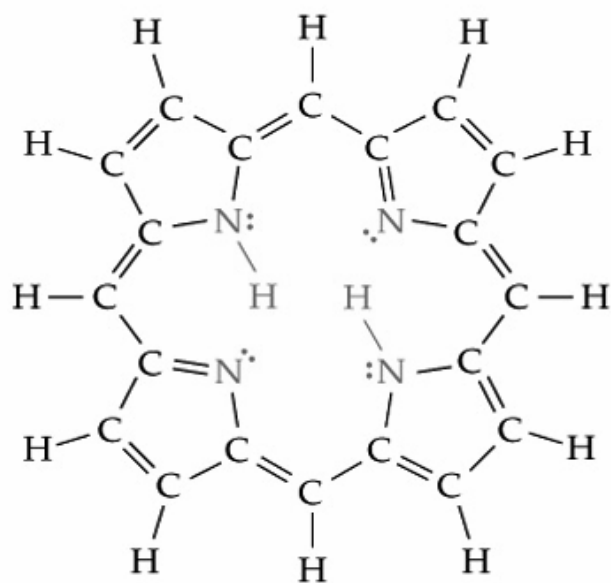


Комплексни соединенија во живите организми

- Комплексните соединенија се есенцијални за живите организми.
- Играат исклучително важна улога како преносители на кислород или електрони, како катализатори итн.

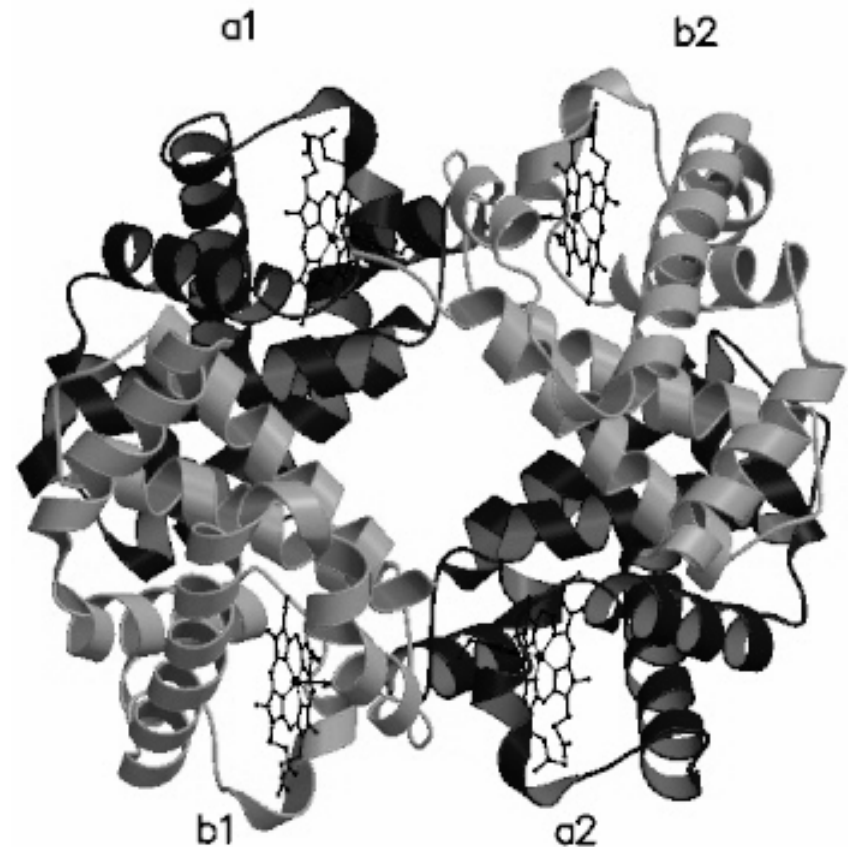
Пример: Хемоглобинои е протеин што се користи како преносител на кислород и еден од најдобро проучените протеини.

- Неговата улога е да го пренесува кислородот од белите дробови до ткивата.
- Во ткивата, хемоглобинот го предава кислородот на поедноставниот протеин, наречен **миоглобин**, кој го складира кислородот потребен за метаболитичките процеси.
- Хемоглобинот, покрај долгите ланци од меѓусебно поврзани аминокиселини, содржи и комплекс на Fe^{2+} со соединението наречено **порфирин**. Порфиринот е **тетраадентатен хелатен лиганд**.



Шематски приказ на хемоглобинот. Комплексот на порфирин со железото се вика **hem**.

- Во отсуство на кислород, шесттото координациско место го зазема молекулата вода. Тој комплекс на хемоглобинот се вика деоксихемоглобин и има плава боја. Тоа е карактеристичната боја на крвта што тече во вените.
- Комплексот на хемоглобинот со кислородот се вика оксихемоглобин и има црвена боја. Тоа е карактеристичната боја на крвта во артериите.
- Една молекула на хемоглобин содржи четири хем комплекси, што значи една молекула на хемоглобин може да поврзи четири молекули O_2 .



хемоглобин