

# SOUHRNNÉ TEXTY Z CHEMIE

*pro přípravu k přijímacím zkouškám  
(přírodovědné obory, lékařství)*

*II. díl*

Eva Streblová



## Souhrnné texty z chemie

pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství) – II. díl

**RNDr. Eva Střelbová**

---

Recenzovali:

Ing. Jaroslav Kahovec, CSc.

doc. MUDr. Bohuslav Matouš, CSc.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum  
jako učební text pro Ústav jazykové a odborné přípravy UK  
Praha 2012

Sazba studio Lacerta ([www.sazba.cz](http://www.sazba.cz))

3., upravené vydání, 2. dotisk

© Univerzita Karlova v Praze, 2012

© Eva Střelbová, 2012

Text neprošel jazykovou ani redakční úpravou nakladatelství

ISBN 978-80-246-2242-2

ISBN 978-80-246-2657-4 (online : pdf)



Univerzita Karlova v Praze  
Nakladatelství Karolinum 2014

<http://www.cupress.cuni.cz>

# OBSAH

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ORGANICKÁ CHEMIE</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>1. Úvod</b>                                                    | <b>11</b> |
| 1.1 Organická chemie                                              | 11        |
| 1.2 Vazby v organických sloučeninách                              | 12        |
| 1.2.1 Vaznost prvků v organických sloučeninách                    | 12        |
| 1.2.2 Hybridizace atomu uhlíku                                    | 12        |
| 1.2.3 Zásady strukturní teorie organických sloučenin              | 15        |
| 1.2.4 Vlastnosti jednoduchých a násobných vazeb mezi atomy uhlíku | 16        |
| 1.2.5 Organické sloučeniny s několika dvojnými vazbami            | 16        |
| 1.3 Vzorce organických sloučenin                                  | 17        |
| 1.4 Uhlíkový řetězec                                              | 18        |
| 1.5 Klasifikace organických sloučenin                             | 19        |
| <b>2. Nomenklatura (názvosloví) organických sloučenin</b>         | <b>21</b> |
| 2.1 Alkany s nerozvětveným řetězcem                               | 21        |
| 2.2 Uhlovodíkové substituenty                                     | 22        |
| 2.3 Alkany s rozvětveným řetězcem                                 | 23        |
| 2.3.1 Tvoření názvů                                               | 23        |
| 2.3.2 Psaní vzorců                                                | 24        |
| 2.4 Nenasycené uhlovodíky                                         | 25        |
| 2.5 Alicyklické uhlovodíky                                        | 27        |
| <b>3. Izomerie</b>                                                | <b>30</b> |
| 3.1 Konstituční (strukturní) izomerie                             | 30        |
| 3.1.1 Izomerie řetězců (řetězcová izomerie)                       | 30        |
| 3.1.2 Polohová izomerie                                           | 31        |
| 3.1.3 Izomerie (funkčních) skupin (skupinová izomerie)            | 31        |
| 3.1.4 Tautomerie                                                  | 32        |
| 3.2 Konfigurační izomerie (stereoizomerie)                        | 33        |
| 3.2.1 Geometrická izomerie (cis-trans)                            | 33        |
| 3.2.2 Optická izomerie (chiralita)                                | 34        |
| 3.3 Konformace                                                    | 36        |
| <b>4. Reakce organických sloučenin</b>                            | <b>39</b> |
| 4.1 Typy reakcí podle jejich průběhu                              | 39        |
| 4.2 Oxidačně-redukční reakce v organické chemii                   | 40        |
| 4.3 Způsoby štěpení vazeb                                         | 40        |
| 4.4 Typy reakčních činidel                                        | 41        |
| 4.5 Polarita a polarizovatelnost vazeb                            | 42        |
| 4.6 Indukční efekt (I-efekt)                                      | 42        |
| 4.7 Mezomerní efekt (M-efekt)                                     | 43        |
| <b>5. Uhlovodíky</b>                                              | <b>45</b> |
| 5.1 Alkany                                                        | 45        |
| 5.1.1 Fyzikální vlastnosti                                        | 45        |
| 5.1.2 Chemické vlastnosti                                         | 45        |
| 5.1.3 Použití a význam alkanů                                     | 47        |
| 5.2 Cykloalkany                                                   | 47        |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3 Alkeny                                             | 48        |
| 5.3.1 Fyzikální vlastnosti                             | 48        |
| 5.3.2 Chemické vlastnosti                              | 48        |
| 5.4 Alkadieny a polyeny                                | 50        |
| 5.5 Alkyny                                             | 52        |
| 5.6 Aromatické uhlovodíky – areny                      | 55        |
| 5.6.1 Benzen                                           | 55        |
| 5.6.2 Nomenklatura a rozdělení aromatických uhlovodíků | 56        |
| 5.6.3 Izomerie na benzenovém kruhu                     | 58        |
| 5.6.4 Fyzikální vlastnosti arenů                       | 58        |
| 5.6.5 Chemické vlastnosti arenů                        | 59        |
| <b>6. Deriváty uhlovodíků</b>                          | <b>64</b> |
| 6.1 Halogenderiváty                                    | 64        |
| 6.1.1 Nomenklatura                                     | 64        |
| 6.1.2 Chemické vlastnosti                              | 64        |
| 6.1.3 Významné halogenderiváty                         | 65        |
| 6.2 Organokovové sloučeniny                            | 66        |
| 6.3 Alkoholy                                           | 67        |
| 6.3.1 Nomenklatura                                     | 67        |
| 6.3.2 Rozdělení alkoholů                               | 68        |
| 6.3.3 Fyzikální vlastnosti                             | 69        |
| 6.3.4 Chemické vlastnosti                              | 69        |
| 6.3.5 Významné alkoholy                                | 71        |
| 6.4 Thioly                                             | 73        |
| 6.5 Fenoly                                             | 74        |
| 6.5.1 Jednosytné fenoly                                | 74        |
| 6.5.2 Dvosytné fenoly                                  | 75        |
| 6.5.3 Trojsytné fenoly                                 | 75        |
| 6.5.4 Chemické reakce                                  | 75        |
| 6.6 Etery                                              | 76        |
| 6.6.1 Nomenklatura                                     | 76        |
| 6.6.2 Fyzikální vlastnosti                             | 77        |
| 6.6.3 Chemické vlastnosti                              | 77        |
| 6.7 Aldehydy a ketony                                  | 78        |
| 6.7.1 Nomenklatura aldehydů                            | 79        |
| 6.7.2 Nomenklatura ketonů                              | 79        |
| 6.7.3 Fyzikální vlastnosti                             | 80        |
| 6.7.4 Chemické vlastnosti                              | 80        |
| 6.7.5 Významné aldehydy a ketony                       | 82        |
| 6.8 Karboxylové kyseliny                               | 84        |
| 6.8.1 Nomenklatura                                     | 84        |
| 6.8.2 Klasifikace karboxylových kyselin                | 85        |
| 6.8.3 Významné karboxylové kyseliny                    | 86        |
| 6.8.3.1 Monokarboxylové kyseliny                       | 86        |
| 6.8.3.2 Dikarboxylové kyseliny                         | 87        |
| 6.8.4 Fyzikální vlastnosti karboxylových kyselin       | 89        |
| 6.8.5 Chemické vlastnosti karboxylových kyselin        | 90        |
| 6.9 Deriváty karboxylových kyselin                     | 92        |
| 6.9.1 Substituční deriváty karboxylových kyselin       | 92        |

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| 6.9.1.1 Halogenkyseliny                                       | 92         |
| 6.9.1.2 Hydroxykyseliny                                       | 93         |
| 6.9.1.3 Oxokyseliny                                           | 95         |
| 6.9.1.4 Aminokyseliny                                         | 96         |
| 6.9.2 Funkční deriváty karboxylových kyselin                  | 101        |
| 6.9.2.1 Soli karboxylových kyselin                            | 101        |
| 6.9.2.2 Estery karboxylových kyselin                          | 102        |
| 6.9.2.3 Acylhalogenidy                                        | 103        |
| 6.9.2.4 Anhydridy karboxylových kyselin                       | 104        |
| 6.9.2.5 Amidy                                                 | 106        |
| 6.9.2.6 Nitrily                                               | 107        |
| 6.10 Deriváty kyseliny uhličitě                               | 108        |
| 6.11 Přehled karbonylových sloučenin                          | 109        |
| 6.12 Nitrosloučeniny                                          | 111        |
| 6.13 Aminy                                                    | 113        |
| 6.13.1 Klasifikace aminů                                      | 113        |
| 6.13.2 Nomenklatura                                           | 113        |
| 6.13.3 Chemické vlastnosti                                    | 114        |
| <b>7. Heterocyklické sloučeniny</b>                           | <b>118</b> |
| 7.1 Pětičlenné aromatické heterocykly                         | 118        |
| 7.1.1 Pětičlenné aromatické heterocykly s jedním heteroatomem | 118        |
| 7.1.2 Pětičlenné aromatické heterocykly se dvěma heteroatomy  | 121        |
| 7.2 Šestičlenné heterocykly                                   | 121        |
| 7.2.1 Šestičlenné heterocykly s jedním heteroatomem           | 121        |
| 7.2.2 Šestičlenné heterocykly se dvěma heteroatomy            | 123        |
| <b>CHEMIE PŘÍRODNÍCH LÁTEK</b>                                | <b>127</b> |
| <b>8. Sacharidy</b>                                           | <b>129</b> |
| 8.1 Monosacharidy                                             | 130        |
| 8.1.1 Optická aktivita monosacharidů                          | 130        |
| 8.1.2 Cyklické struktury monosacharidů                        | 131        |
| 8.1.3 Chemické reakce                                         | 134        |
| 8.1.4 Triosy                                                  | 136        |
| 8.1.5 Pentosy                                                 | 136        |
| 8.1.6 Hexosy                                                  | 137        |
| 8.2 Disacharidy                                               | 140        |
| 8.3 Polysacharidy                                             | 142        |
| <b>9. Lipidy</b>                                              | <b>146</b> |
| 9.1 Jednoduché lipidy                                         | 146        |
| 9.1.1 Acylglyceroly                                           | 146        |
| 9.1.2 Vosky                                                   | 148        |
| 9.2 Složené lipidy                                            | 148        |
| 9.2.1 Fosfolipidy                                             | 148        |
| 9.2.2 Glykolipidy                                             | 150        |
| <b>10. Isoprenoidy</b>                                        | <b>151</b> |
| 10.1 Terpeny                                                  | 151        |
| 10.2 Steroidy                                                 | 153        |
| 10.2.1 Steroly                                                | 153        |

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| 10.2.2 Steroidní hormony .....                                | 154        |
| 10.2.3 Žlučové kyseliny .....                                 | 154        |
| <b>11. Peptidy a bílkoviny .....</b>                          | <b>155</b> |
| 11.1 Peptidy .....                                            | 155        |
| 11.2 Bílkoviny (proteiny) .....                               | 155        |
| 11.2.1 Struktura bílkovin .....                               | 156        |
| 11.2.2 Klasifikace bílkovin .....                             | 159        |
| <b>12. Enzymy .....</b>                                       | <b>161</b> |
| 12.1 Funkce enzymů .....                                      | 161        |
| 12.2 Složení a struktura enzymů .....                         | 161        |
| 12.3 Vliv některých faktorů na rychlost enzymové reakce ..... | 162        |
| 12.4 Inhibice enzymů .....                                    | 162        |
| 12.5 Aktivace enzymů .....                                    | 163        |
| 12.6 Allosterické enzymy .....                                | 163        |
| 12.7 Klasifikace a nomenklatura enzymů .....                  | 164        |
| <b>13. Nukleové kyseliny .....</b>                            | <b>166</b> |
| 13.1 Chemické složení nukleových kyselin .....                | 166        |
| 13.2 Nukleotidy a nukleotidové koenzymy .....                 | 167        |
| 13.3 Struktura nukleových kyselin .....                       | 169        |
| 13.4 Sekundární struktura DNA .....                           | 170        |
| 13.5 Sekundární struktura RNA .....                           | 171        |
| 13.6 Genetický kód a jeho vlastnosti .....                    | 172        |
| <b>14. Vitaminy .....</b>                                     | <b>175</b> |
| 14.1 Vitaminy rozpustné v tucích .....                        | 175        |
| 14.2 Vitaminy rozpustné ve vodě .....                         | 176        |
| <b>15. Alkaloidy .....</b>                                    | <b>181</b> |
| <b>ZÁKLADY BIOCHEMIE .....</b>                                | <b>185</b> |
| <b>16. Úvod .....</b>                                         | <b>187</b> |
| 16.1 Metabolismus .....                                       | 187        |
| 16.2 Rozdělení organismů podle typu metabolismu .....         | 187        |
| 16.3 Oxidačně-redukční reakce v živých soustavách .....       | 188        |
| 16.4 Regulace metabolismu .....                               | 188        |
| 16.4.1 Enzymová regulace .....                                | 188        |
| 16.4.2 Hormonální regulace .....                              | 189        |
| <b>17. Fotosyntéza .....</b>                                  | <b>190</b> |
| 17.1 Fotosyntetický aparát .....                              | 190        |
| 17.1.1 Lokalizace fotosyntézy .....                           | 190        |
| 17.1.2 Fotosyntetické pigmenty .....                          | 190        |
| 17.1.3 Složky přenosu elektronů .....                         | 191        |
| 17.2 Primární fáze fotosyntézy (světelná fáze) .....          | 191        |
| 17.2.1 První světelná reakce .....                            | 192        |
| 17.2.2 Druhá světelná reakce .....                            | 193        |
| 17.3 Vztahy mezi primární a sekundární fází fotosyntézy ..... | 194        |
| 17.4 Sekundární fáze fotosyntézy (temnostní fáze) .....       | 194        |
| 17.4.1 Calvinův cyklus .....                                  | 194        |
| 17.4.2 C3-rostliny a C4-rostliny .....                        | 196        |

|                                                                                             |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 17.5 Vztahy mezi primárními produkty fotosyntézy<br>a dalšími produkty biosyntézy u rostlin | 196        |
| 17.6 Vnější faktory fotosyntézy                                                             | 196        |
| <b>18. Citrátový cyklus (Krebsův cyklus)</b>                                                | <b>198</b> |
| 18.1 Vznik acetylkoenzymu A                                                                 | 198        |
| 18.2 Průběh reakcí citrátového cyklu                                                        | 198        |
| 18.3 Energetika reakcí citrátového cyklu                                                    | 200        |
| 18.4 Význam citrátového cyklu                                                               | 200        |
| <b>19. Dýchací řetězec, vznik ATP</b>                                                       | <b>202</b> |
| 19.1 Dýchací (respirační) řetězec                                                           | 202        |
| 19.1.1 Enzymy dýchacího řetězce                                                             | 202        |
| 19.1.2 Přenos elektronů v dýchacím řetězci                                                  | 202        |
| 19.2 Vznik ATP                                                                              | 203        |
| 19.2.1 Aerobní fosforylace                                                                  | 204        |
| 19.2.2 Substrátová fosforylace                                                              | 205        |
| <b>20. Biosyntéza nukleových kyselin</b>                                                    | <b>206</b> |
| 20.1 Replikace DNA                                                                          | 206        |
| 20.2 Transkripce                                                                            | 207        |
| 20.2.1 Posttranskripční úpravy                                                              | 208        |
| 20.2.2 Regulace transkripce DNA                                                             | 208        |
| <b>21. Metabolismus bílkovin</b>                                                            | <b>210</b> |
| 21.1 Biosyntéza aminokyselin                                                                | 210        |
| 21.2 Proteosyntéza                                                                          | 210        |
| 21.2.1 Proteosyntetický aparát                                                              | 210        |
| 21.2.2 Průběh proteosyntézy                                                                 | 211        |
| 21.2.2.1 Aktivace aminokyselin                                                              | 211        |
| 21.2.2.2 Iniciace                                                                           | 211        |
| 21.2.2.3 Prodlužování peptidového řetězce                                                   | 211        |
| 21.2.2.4 Terminace                                                                          | 211        |
| 21.2.2.5 Translační a posttranslační úpravy bílkovin                                        | 212        |
| 21.3 Štěpení bílkovin                                                                       | 212        |
| 21.4 Přeměny aminokyselin                                                                   | 213        |
| 21.5 Detoxikace amoniaku a vznik močoviny                                                   | 214        |
| 21.6 Přeměny uhlíkaté kostry aminokyselin                                                   | 214        |
| 21.7 Hlavní cesty metabolismu aminokyselin                                                  | 215        |
| <b>22. Metabolismus sacharidů</b>                                                           | <b>217</b> |
| 22.1 Glykolýza                                                                              | 217        |
| 22.2 Alkoholové kvašení                                                                     | 220        |
| 22.3 Aerobní odbourávání sacharidů                                                          | 220        |
| 22.4 Metabolismus glykogenu                                                                 | 221        |
| <b>23. Metabolismus lipidů</b>                                                              | <b>223</b> |
| 23.1 $\beta$ -Oxidace mastných kyselin                                                      | 223        |
| 23.2 Energetická bilance $\beta$ -oxidace kyseliny palmitové                                | 224        |
| 23.3 Syntéza karboxylových kyselin                                                          | 225        |
| 23.4 Vztah metabolismu lipidů a sacharidů                                                   | 225        |
| <b>Použitá a doporučená literatura</b>                                                      | <b>227</b> |
| <b>Rejstřík</b>                                                                             | <b>228</b> |





# **ORGANICKÁ CHEMIE**



# 1. ÚVOD

## 1.1 Organická chemie

Organická chemie se často nazývá *chemií sloučenin uhlíku*, protože základem organických sloučenin je uhlík. Organická chemie studuje složitější sloučeniny uhlíku, v nichž uhlíkové atomy tvoří řetězce. Všechny ostatní prvky a jejich sloučeniny a také nejjednodušší sloučeniny uhlíku ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CS}_2$ , kyanidy, karbidy,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  a uhličitany), které se svými vlastnostmi anorganickým sloučeninám velmi podobají, studuje anorganická chemie. Počet známých organických sloučenin činí přes 20 milionů a mnohokrát tak převyšuje počet anorganických sloučenin, kterých jsou známy desetitisíce.

Součástí organických sloučenin jsou především prvky C, H, O, N, S a P. Říkáme jim *prvky organogenní* nebo také *makrobiogenní*. V organických sloučeninách se ovšem mohou vyskytovat i další prvky jako halogeny, Si, B atd.

Organické sloučeniny lze získávat z přírodních zdrojů (z rostlin, živočichů, ropy, uhlí apod.), nebo se připravují (syntetizují) v laboratořích a v chemických závodech. Jednu z prvních organických syntéz provedl v roce 1828 Friedrich Wöhler (kap. 6.10). Připravil organickou látku močovinu ( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ), která byla dříve izolována z moči, zahříváním anorganické sloučeniny kyanatanu amonného ( $\text{NH}_4\text{OCN}$ ). Tím vyvrátil vitalistickou teorii, která tvrdila, že organické látky mohou vznikat pouze v živých organismech působením „životní síly“ (*vis vitalis*).

Velká rozmanitost organických sloučenin je způsobena vlastnostmi uhlíku. Atomy uhlíku mají schopnost tvořit řetězce, které mohou být různé dlouhé, lineární nebo cyklické, rozvětvené či nerozvětvené. Kromě toho má atom uhlíku také schopnost tvořit různé typy vazeb (jednoduché, dvojné, trojné).

Organické sloučeniny jsou většinou *nepolární* nebo málo polární, protože obsahují velký počet nepolárních vazeb uhlík-uhlík a málo polárních vazeb uhlík-vodík. V anorganických sloučeninách bývají vazby silně polární nebo iontové.

Proto mají organické sloučeniny obvykle *nízkou teplotu tání a varu* (většinou do 200 °C), jsou často nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v organických rozpouštědlech (benzen, ether, aceton aj.). Jejich roztoky ani taveniny obvykle nevedou elektrický proud, jsou to *neelektrolyty*. Organické látky jsou málo odolné vůči vyšším teplotám. Při zahřátí se snadno rozkládají, jsou těkavé a hořlavé. Jejich hořením vzniká  $\text{CO}_2$  a voda.

Jenom organické sloučeniny obsahující ve svých molekulách polární skupiny, které mohou tvořit vodíkové můstky (např.  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ), mají vyšší teploty varu a mnohé z nich se dobře rozpouštějí ve vodě.

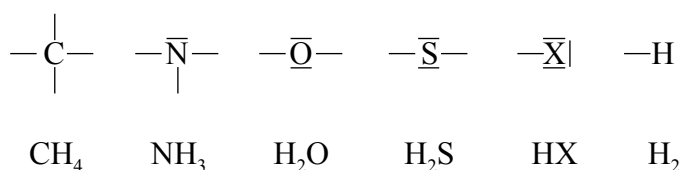
Chemické *reakce* organických sloučenin probíhají podle stejných chemických zákonů jako reakce sloučenin anorganických, *probíhají však pomaleji*, často mají složitý průběh (reakční mechanismus), jsou vratné nebo vzniká směs několika různých produktů.

## 1.2 Vazby v organických sloučeninách

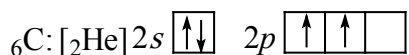
Uhlík je základem všech organických sloučenin. Má schopnost tvořit různé typy vazeb. Na jeho vazebných schopnostech závisí vlastnosti organických sloučenin.

### 1.2.1 Vaznost prvků v organických sloučeninách

V organických sloučeninách má každý prvek svou **charakteristickou vaznost** vyplývající z jeho elektronové struktury. Tato vaznost je obvykle shodná s počtem vazeb v nejjednodušší sloučenině daného prvku s vodíkem. Uhlík je čtyřvazný, vodík a halogeny jsou jednovazné, kyslík a síra jsou dvojvazné.



Elektronová konfigurace atomu uhlíku v *základním stavu* je:



V základním stavu má atom uhlíku jen *dva* nepárové elektrony a může tvořit jen *dvě* kovalentní vazby. V organických sloučeninách je však **uhlík vždy čtyřvazný**. Aby mohl vytvořit čtyři vazby, musí mít k dispozici čtyři nepárové elektrony. Tato situace nastává u atomu uhlíku v *excitovaném stavu*:



Atom uhlíku vytváří čtyři vazby, které vznikají z různých orbitalů (2s a 2p). Bylo však zjištěno, že všechny čtyři vazby jsou stejné, rovnocenné. To je způsobeno hybridizací valenčních orbitalů.

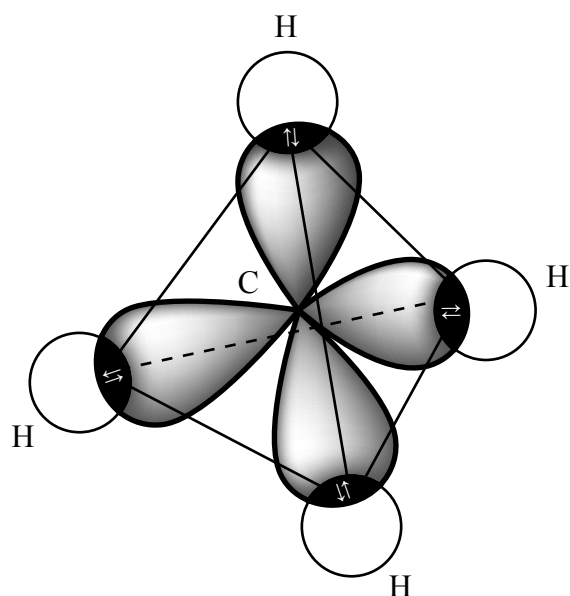
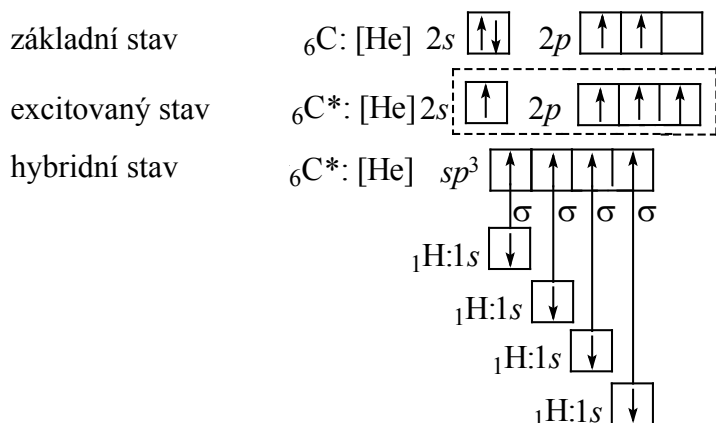
**Hybridizace** je *energetické sjednocení* různých orbitalů daného atomu. Vznikají rovnocenné orbitály, které mají stejnou energii, stejný tvar a nové prostorové uspořádání. Na základě teorie hybridizace můžeme objasnit prostorovou stavbu molekul (I. díl, kap. 6).

### 1.2.2 Hybridizace atomu uhlíku

a)  **$sp^3$  hybridizace** zahrnuje *jeden* orbital *s* a *tři* orbitály *p*. Vznikají *čtyři* rovnocenné hybridní orbitály  $sp^3$ . Vznikající vazby směřují do vrcholů pravidelného *tetraedru* (čtyřstěnu) a svírají úhel  $109,5^\circ$ .

Hybridní orbitály  $sp^3$  má atom uhlíku, ze kterého vycházejí čtyři vazby  $\sigma$ .

Příklad: molekula methanu:



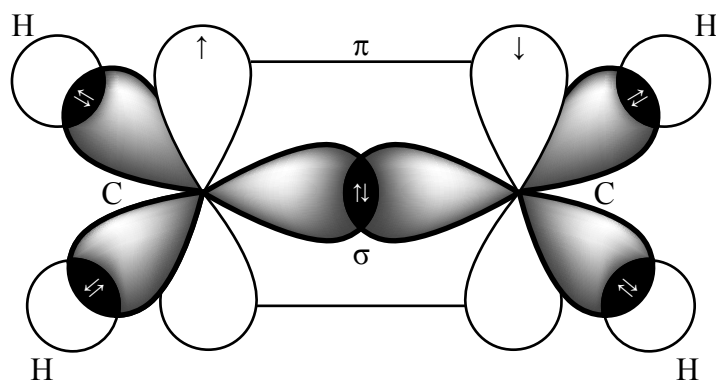
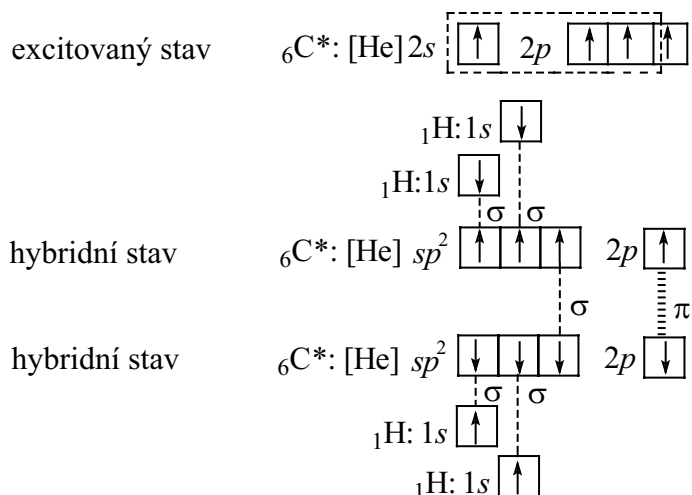
*Model molekuly methanu*

b)  **$sp^2$  hybridizace** zahrnuje *jeden* orbital  $s$  a *dva* orbitaly  $p$ . Vznikají *tři* rovnocenné hybridní orbitaly  $sp^2$  směřující do vrcholů *rovnostranného trojúhelníku*. Vazby svírají úhel  $120^\circ$ .

Hybridní orbitaly  $sp^2$  má atom uhlíku, ze kterého vycházejí *tři* vazby  $\sigma$  a *jedna* vazba  $\pi$ , tedy atom uhlíku s jednou dvojnou vazbou ( $>\text{C}=\text{}$ ).

*Pozor!! Atomové orbitaly, které tvoří vazbu  $\pi$ , nehybridizují!!*

Příklad: molekula ethenu (dříve ethylenu)  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$

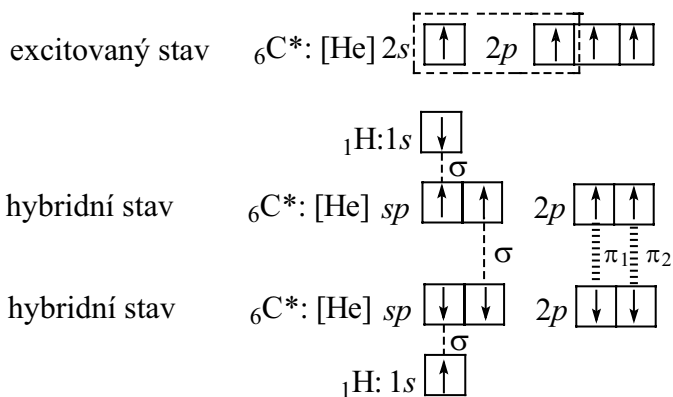


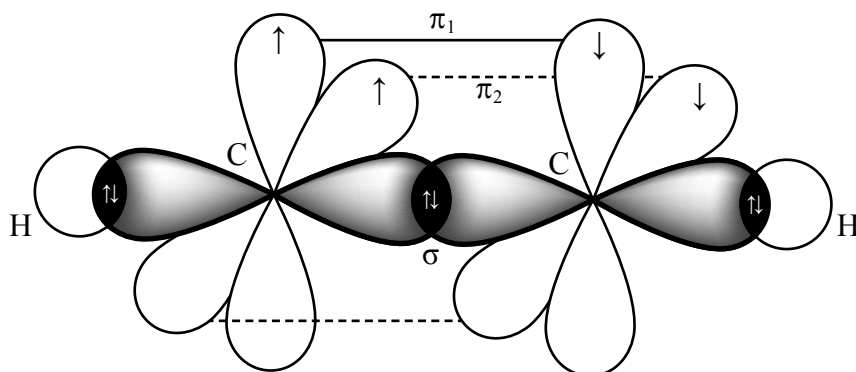
Model molekuly ethenu

c)  **$sp$  hybridizace** zahrnuje *jeden* orbital  $s$  a *jeden* orbital  $p$ . Vznikají *dva* rovnocenné hybridní orbitály  $sp$ , které svírají úhel  $180^\circ$ . Hybridní orbitály  $sp$  jsou *lineární*.

Hybridní orbitály  $sp$  má atom uhlíku, ze kterého vycházejí *dvě* vazby  $\sigma$  a *dvě* vazby  $\pi$ , tedy atom uhlíku s trojnou vazbou ( $-\text{C}\equiv$ ) nebo se dvěma dvojnými vazbami ( $=\text{C}=\text{}$ ).

Příklad: molekula ethynu (acetylenu)  $\text{HC}\equiv\text{CH}$

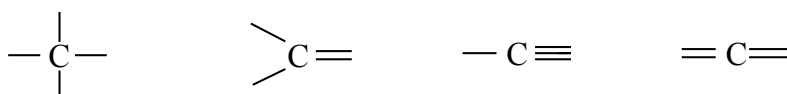




*Model molekuly ethynu (acetyleny)*

### 1.2.3 Zásady strukturní teorie organických sloučenin

- 1) *Uhlík* je v organických sloučeninách vždy *čtyřvazný*.



- 2) Všechny čtyři *vazby* atomu uhlíku jsou *rovnocenné*. Nahradíme-li kterýkoliv atom vodíku v molekule methanu atomem chloru, vždy dostaneme stejnou sloučeninu  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .
- 3) Vazby v *nasycených* sloučeninách, tj. ve sloučeninách s jednoduchými vazbami, svírají úhel  $109^\circ$ . Všechny atomy uhlíku mají hybridní orbitály  $sp^3$ .
- 4) Sloučeniny s *dvojnou* vazbou  $\text{C}=\text{C}$  jsou v místě dvojné vazby *planární* (rovinné); tzn. že atomy  $\text{C}=\text{C}$  a na ně přímo vázané další atomy leží v jedné rovině. Úhly mezi vazbami jsou  $120^\circ$ . Atomy uhlíku, které tvoří dvojnou vazbu, mají hybridní orbitály  $sp^2$ .
- 5) Sloučeniny s *trojnou* vazbou jsou v místě trojné vazby *lineární*, vazby svírají úhel  $180^\circ$ . Atomy uhlíku, které tvoří trojnou vazbu, mají hybridní orbitály  $sp$ .
- 6) *Jednoduché* vazby jsou volně *otáčivé*, násobné vazby otáčivé nejsou. Otáčením skupin atomů kolem jednoduchých vazeb vznikají různé **konformery** (kap. 3.3). Volná otáčivost atomů nebo substituentů kolem jednoduchých vazeb může být někdy omezena z prostorových (sterických) důvodů. To vše v malé míře platí i pro uhlíkaté kruhy.
- 7) Každá sloučenina má snahu zaujímat *nejvýhodnější prostorové uspořádání* (konformaci). Při takovém uspořádání jsou nevazebné interakce v molekule minimální. Tato situace nastává, jsou-li atomy nebo skupiny atomů maximálně vzdáleny od sebe.
- 8) *Vlastnosti organických sloučenin závisí na jejich struktuře*. Se znalostí struktury můžeme předvídat a předpovídat vlastnosti sloučeniny a naopak. Abychom mohli předpovědět vlastnosti sloučeniny, musíme znát její strukturní (prostorový) vzorec. Znalost molekulového vzorce látky v organické chemii nestačí, vzhledem k existenci *izomerie* (kap. 3).

### 1.2.4 Vlastnosti jednoduchých a násobných vazeb mezi atomy uhlíku

| Typ vazby                                   | C–C        | C=C        | C≡C        |
|---------------------------------------------|------------|------------|------------|
| Délka vazby v nm ( $10^{-9}$ m)             | 154        | 134        | 120        |
| Disociační energie vazby v kJ/mol (celková) | 347        | 611        | 847        |
| Disociační energie vazby $\sigma$ v kJ/mol  | <b>347</b> | –          | –          |
| Disociační energie vazby $\pi_1$ v kJ/mol   | –          | <b>264</b> | –          |
| Disociační energie vazby $\pi_2$ v kJ/mol   | –          | –          | <b>236</b> |

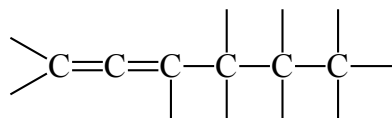
Z tabulky vyplývá, že čím je vazba „násobnější“, tím je kratší a pevnější. Nejpevnější je vazba trojná, protože má nejvyšší disociační energii (fyzikální stabilita). Tyto úvahy neplatí pro reaktivitu násobné vazby – chemicky nejstabilnější jsou sloučeniny bez násobných vazeb (chemická stabilita).

Z tabulky dále vyplývá, že vazba  $\sigma$  je pevnější (stálější) než vazba  $\pi$ , protože má vyšší disociační energii. Nejméně stálá je vazba  $\pi_2$  trojné vazby. Jednoduché vazby jsou tedy méně reaktivní než vazby násobné, proto jsou *organické sloučeniny s násobnými vazbami reaktivnější než organické sloučeniny s jednoduchými vazbami*.

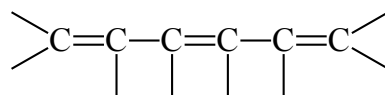
### 1.2.5 Organické sloučeniny s několika dvojnými vazbami

Podle vzájemné polohy dvojných vazeb v molekule rozlišujeme:

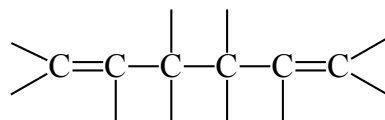
- a) dvojně vazby **kumulované**: dvojně vazby jsou vedle sebe (z jednoho atomu uhlíku vycházejí dvě dvojně vazby)



- b) dvojně vazby **konjugované**: dvě dvojně vazby jsou oddělené jednou vazbou jednoduchou



- c) dvojně vazby **izolované**: mezi dvěma dvojnými vazbami jsou minimálně dvě vazby jednoduché





### 1.3 Vzorce organických sloučenin

#### 1) Empirický (stechiometrický) vzorec

udává *základní složení* sloučeniny z prvků, tedy *minimální poměr* atomů jednotlivých prvků ve sloučenině. Je to nejjednodušší vzorec.

|        |                   |                          |
|--------|-------------------|--------------------------|
| ethan: | empirický vzorec  | $\text{CH}_3$            |
|        | molekulový vzorec | $\text{C}_2\text{H}_6$   |
|        | racionální vzorec | $\text{CH}_3\text{CH}_3$ |

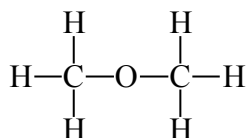
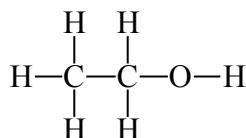
#### 2) Molekulový (souhrnný, sumární) vzorec

udává *skutečné počty* atomů jednotlivých prvků v molekule.



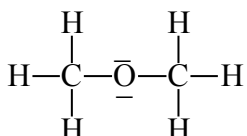
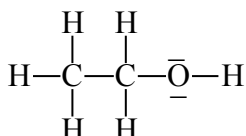
#### 3) Strukturní (konstituční) vzorec

udává pořadí a způsob, jakým jsou atomy v molekule vázány (struktura molekuly).



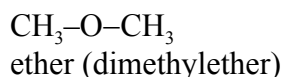
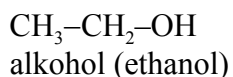
#### 4) Elektronový strukturní vzorec

je strukturní vzorec, ve kterém jsou znázorněny i volné elektronové páry (znázorněny jsou tedy všechny valenční elektrony).



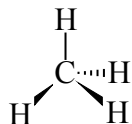
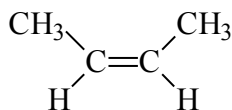
#### 5) Racionální (funkční) vzorec

je zjednodušený vzorec strukturní. Udává charakteristická atomová seskupení (uspořádání skupin atomů, funkčních skupin a substituentů).

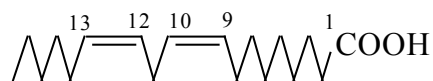
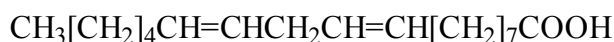


#### 6) Konfigurační (geometrický) vzorec

udává prostorové uspořádání atomů v molekule.

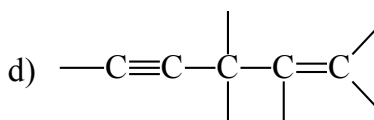
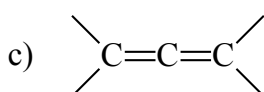
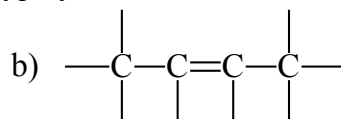
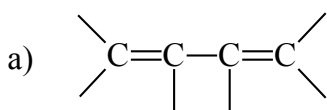


7) V poslední době se s rozvojem počítačů rozšiřuje používání **zjednodušených vzorců**, ve kterých jsou vyznačeny jen vazby a substituenty.



► **Cvičení:**

- 1) Které prvky jsou nejčastěji obsaženy v organických sloučeninách?
- 2) Porovnejte vlastnosti organických a anorganických sloučenin.
- 3) Kolik vazeb tvoří v organických sloučeninách C, H, O, Cl, S, N, Br? Kolik volných elektronových párů mají tyto prvky?
- 4) Co je hybridizace?
- 5) Jaké typy hybridních orbitalů se vyskytují v atomech uhlíku? Jaký tvar mají jednotlivé typy hybridních orbitalů a jaké jsou úhly mezi vazbami?
- 6) Které vazby jsou volně otáčivé?
- 7) Na čem závisí vlastnosti organických sloučenin? Jak je můžeme předpovědět?
- 8) Ke každému atomu uhlíku napište typ hybridizace:



- 9) Která z předcházejících sloučenin je planární?
- 10) Proč je vazba  $\sigma$  silnější než vazba  $\pi$ ?
- 11) Co jsou konjugované, izolované a kumulované dvojné vazby?
- 12) Jaké typy vzorců znáte? Jak se od sebe liší? Které vzorce se v organické chemii příliš nepoužívají a proč?
- 13) Napište elektronové strukturní vzorce těchto sloučenin:
  - a)  $\text{H}_2\text{CO}_3$
  - b)  $\text{CH}_3\text{COOH}$
  - c)  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
  - d)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
  - e)  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

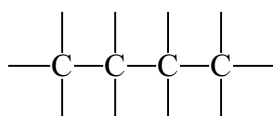
## 1.4 Uhlíkový řetězec

Základem většiny organických sloučenin je řetězec uhlíkových atomů, které jsou spojeny jednoduchými nebo násobnými vazbami. Tento základní systém uhlíkových atomů se nazývá také uhlíková kostra nebo uhlíkový skelet.

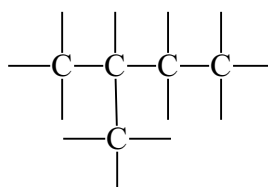
Řetězec uhlíkových atomů může být:

l) **lineární** (otevřený):

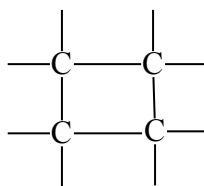
a) nerozvětvený (přímý)



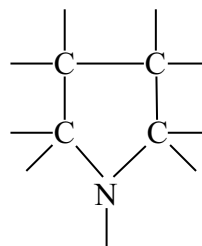
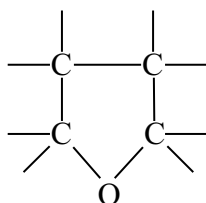
b) rozvětvený



- 2) **cyklický** (uzavřený, kruhový) – atomy uhlíku tvoří uzavřený kruh  
 a) *izocyklický* (karbocyklický) – kruh obsahuje pouze atomy uhlíku



- b) *heterocyklický* – součástí kruhu jsou i jiné atomy – heteroatomy (S, O, N i jiné)



## 1.5 Klasifikace organických sloučenin

Organické sloučeniny lze klasifikovat podle různých kritérií:

- 1) **podle chemického složení:**

- a) **uhlovodíky**

– jsou základní organické sloučeniny, které obsahují pouze atomy uhlíku a vodíku.

- b) **deriváty uhlovodíků**

– vznikají substitucí jednoho nebo více atomů vodíku v molekule uhlovodíku jiným atomem nebo funkční skupinou. *Funkční skupina* je skupina atomů ve struktuře molekuly, která do značné míry určuje vlastnosti celé sloučeniny (např.  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{COOH}$ ,  $>\text{C}=\text{O}$ ).

Příklady: uhlovodík:  $\text{CH}_4$       metan  
 deriváty methanu:  $\text{CH}_3\text{Cl}$     **chlormethan**     $\text{CHBr}_3$     **tribrommethan**  
 $\text{CH}_3\text{NH}_2$     **methanamin**     $\text{CH}_3\text{NO}_2$     **nitromethan**

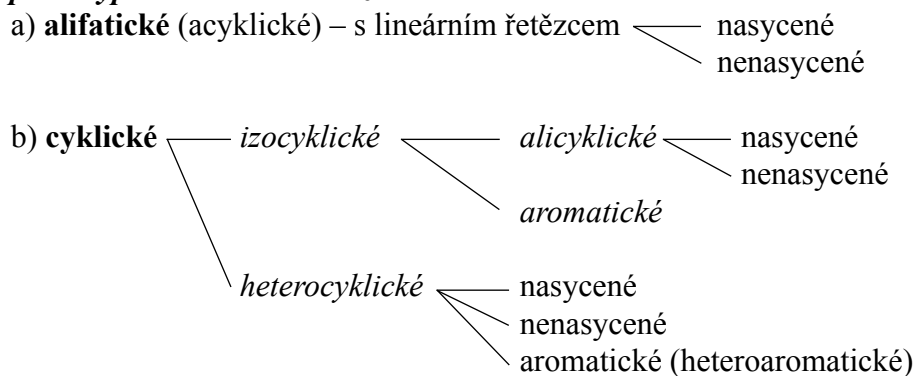
- 2) **podle typu vazeb (reaktivity)**

- a) **nasycené** – v řetězci jsou pouze *jednoduché vazby*

- b) **nenasycené** – v řetězci jsou kromě jednoduchých vazeb také *vazby násobné* (dvojná, trojná)

- c) **aromatické** – cyklické sloučeniny obsahující systém konjugovaných dvojných vazeb se  $(4n + 2)$   $\pi$ -elektronů, kde  $n = 0, 1, 2, \dots$  (např. benzen, kap. 5.6)

3) *podle typu uhlíkového řetězce*



► **Cvičení:**

- 1) Jaké typy řetězců tvoří atomy uhlíku v organických sloučeninách?
- 2) Co jsou alifatické sloučeniny?
- 3) Jak se obecně nazývají sloučeniny s dvojnou nebo trojnou vazbou?
- 4) Mohou být alifatické sloučeniny aromatické?
- 5) Které sloučeniny jsou heterocyklické?
- 6) Co jsou uhlovodíky?
- 7) Napište racionální vzorec:
  - a) nenasyceného cyklického uhlovodíku
  - b) halogenderivátu nasyceného alifatického uhlovodíku s rozvětveným řetězcem
- 8) Zařaďte následující organické sloučeniny podle:
  - a) typu řetězce
  - b) druhů vazeb
  - c) chemického složení

