

# 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

**Eva Streblová**

---

Recenzovali:

Ing. Jaroslav Kahovec, CSc.

doc. MUDr. Bohuslav Matouš, CSc.

Vydala Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

jako učební text pro Ústav jazykové a odborné přípravy UK

Praha 2020

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

1. vydání

© Univerzita Karlova, 2014

© Eva Streblová, 2014

ISBN 978-80-246-3480-7

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



Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)

[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.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 Dvojsytné 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 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 Iniclace .....	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 (CO, CO<sub>2</sub>, CS<sub>2</sub>, kyanidy, karbidy, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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 (H<sub>2</sub>NCONH<sub>2</sub>), která byla dříve izolována z moči, zahříváním anorganické sloučeniny kyanatanu amonného (NH<sub>4</sub>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 různě 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 CO<sub>2</sub> a voda.

Jenom organické sloučeniny obsahující ve svých molekulách polární skupiny, které mohou tvořit vodíkové můstky (např. –OH, –NH<sub>2</sub>, –COOH), mají vyšší teploty varu a mnohé z nich se dobře rozpouštějí ve vodě.

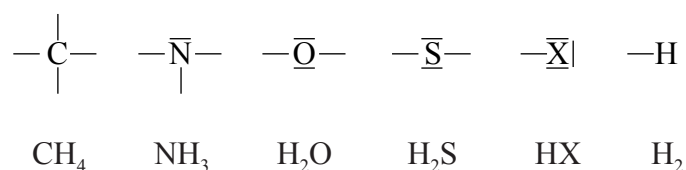
Chemické *reakce* organických sloučenin probíhají podle stejných chemických zákonů jako reakce sloučenin anorganických, *probíhají však pomaleji*, často mají složitý průběh (reakční mechanismus), jsou vratné nebo vzniká směs několika různých produktů.

## 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 dvojevazné.



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.

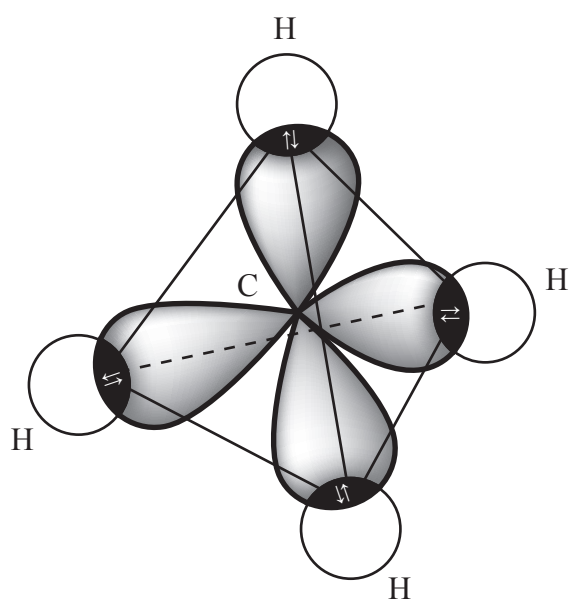
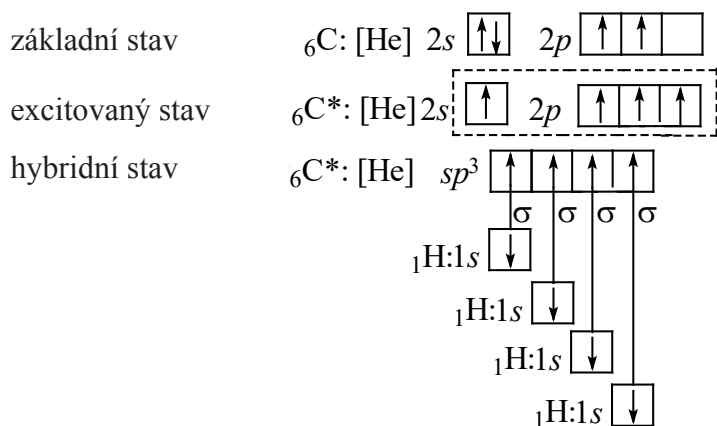
**Hybridizace** je *energetické sjednocení* různých orbitalů daného atomu. Vznikají rovnocenné orbitály, které mají stejnou energii, stejný tvar a nové prostorové uspořádání. Na základě teorie hybridizace můžeme objasnit prostorovou stavbu molekul (I. díl, kap. 6).

### 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:



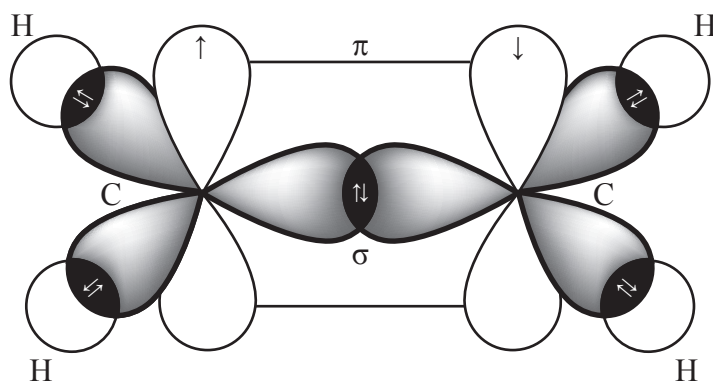
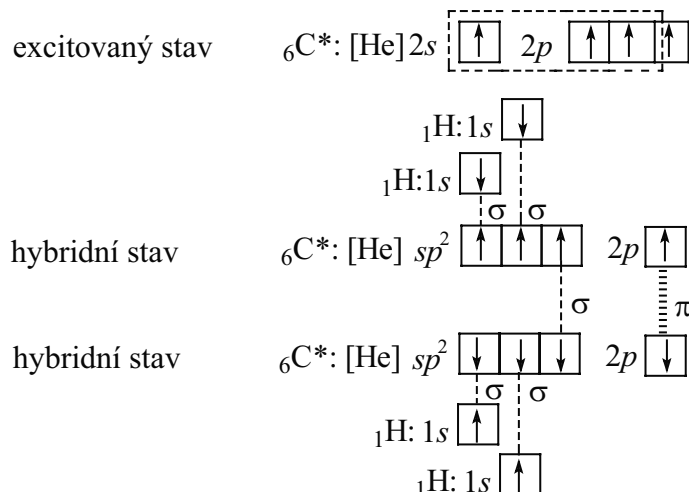
Model molekuly methanu

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)  $\text{HC}\equiv\text{CH}$

