

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)

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

ebooks@karolinum.cz

OBSAH

ORGANICKÁ CHEMIE	9
1. Úvod	11
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
2. Nomenklatura (názvosloví) organických sloučenin	21
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
3. Izomerie	30
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
4. Reakce organických sloučenin	39
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
5. Uhlovodíky	45
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
6. Deriváty uhlovodíků	64
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
7. Heterocyklické sloučeniny	118
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
CHEMIE PŘÍRODNÍCH LÁTEK	127
8. Sacharidy	129
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
9. Lipidy	146
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
10. Isoprenoidy	151
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
11. Peptidy a bílkoviny	155
11.1 Peptidy	155
11.2 Bílkoviny (proteiny)	155
11.2.1 Struktura bílkovin	156
11.2.2 Klasifikace bílkovin	159
12. Enzymy	161
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
13. Nukleové kyseliny	166
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
14. Vitaminy	175
14.1 Vitaminy rozpustné v tucích	175
14.2 Vitaminy rozpustné ve vodě	176
15. Alkaloidy	181
ZÁKLADY BIOCHEMIE	185
16. Úvod	187
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
17. Fotosyntéza	190
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
18. Citrátový cyklus (Krebsův cyklus)	198
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
19. Dýchací řetězec, vznik ATP	202
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
20. Biosyntéza nukleových kyselin	206
20.1 Replikace DNA	206
20.2 Transkripce	207
20.2.1 Posttranskripční úpravy	208
20.2.2 Regulace transkripce DNA	208
21. Metabolismus bílkovin	210
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 Inicie	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
22. Metabolismus sacharidů	217
22.1 Glykolýza	217
22.2 Alkoholové kvašení	220
22.3 Aerobní odbourávání sacharidů	220
22.4 Metabolismus glykogenu	221
23. Metabolismus lipidů	223
23.1 β -Oxidace mastných kyselin	223
23.2 Energetická bilance β -oxidace kyseliny palmitové	224
23.3 Syntéza karboxylových kyselin	225
23.4 Vztah metabolismu lipidů a sacharidů	225
Použitá a doporučená literatura	227
Rejstřík	228

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_2 , CS_2 , kyanidy, karbidy, H_2CO_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 (H_2NCONH_2), která byla dříve izolována z moči, zahříváním anorganické sloučeniny kyanatanu amonného (NH_4OCN). 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 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.

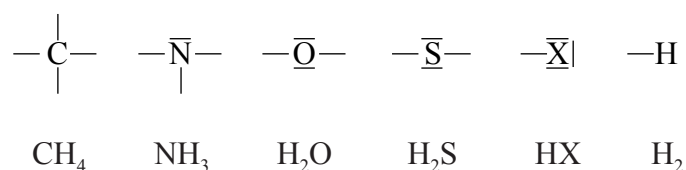
Chemické *reakce* organických sloučenin probíhají podle stejných chemických zákonů jako reakce sloučenin anorganických, *probíhají* však *pomaleji*, často mají složitý průběh (reakční mechanismus), jsou vratné nebo vzniká směs několika různých produktů.

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 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.

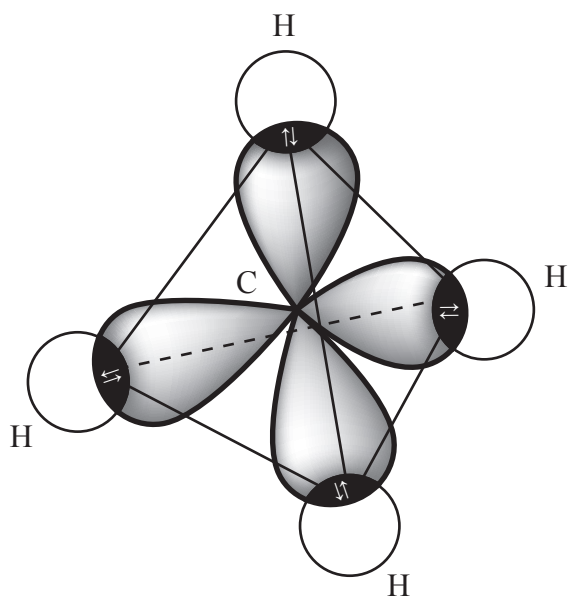
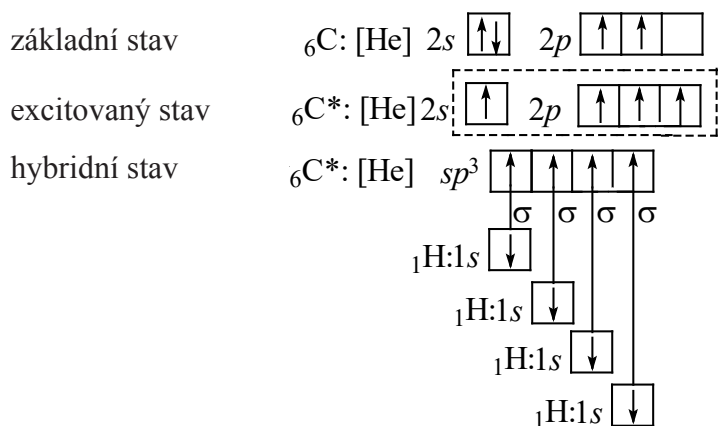
Hybridizace je *energetické sjednocení* různých orbitalů daného atomu. Vznikají rovnocenné orbitály, které mají stejnou energii, stejný tvar a nové prostorové uspořádání. Na základě teorie hybridizace můžeme objasnit prostorovou stavbu molekul (I. díl, kap. 6).

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 σ .

Příklad: molekula methanu:



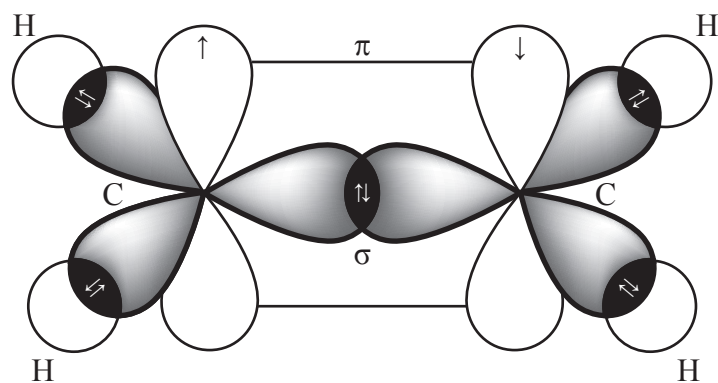
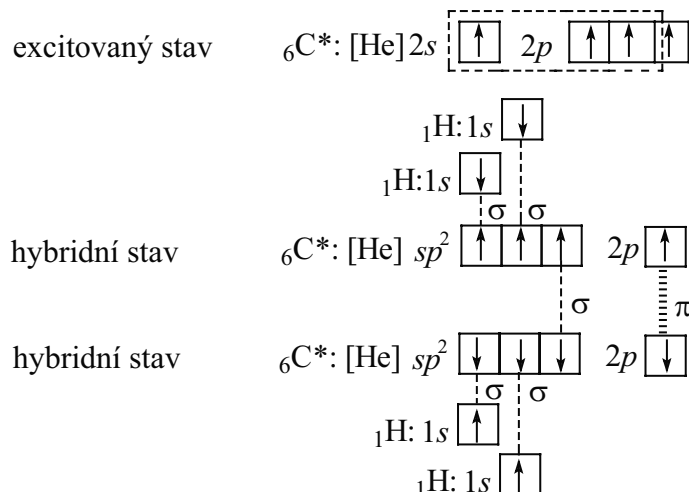
Model molekuly methanu

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° .

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

Pozor!! Atomové orbitaly, které tvoří vazbu π , nehybridizují!!

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

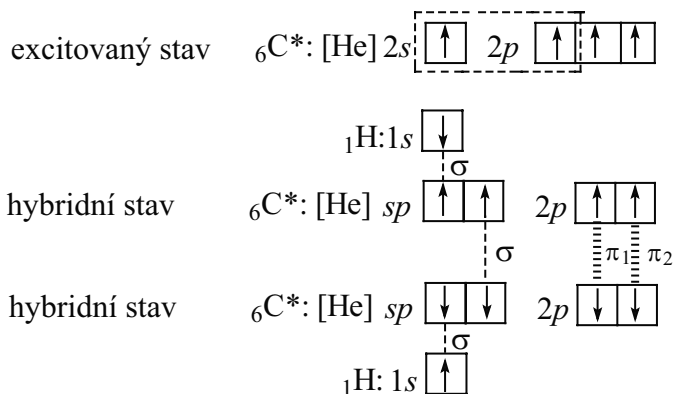


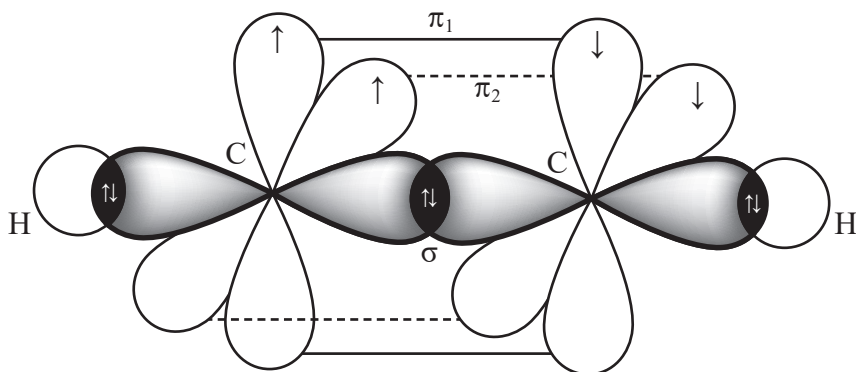
Model molekuly ethenu

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

Hybridní orbitály sp má atom uhlíku, ze kterého vycházejí *dvě* vazby σ a *dvě* vazby π , 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 CH_3Cl .
- 3) Vazby v nasycených sloučeninách, tj. ve sloučeninách s jednoduchými vazbami, svírají úhel 109° . 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° . 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° . 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 σ v kJ/mol	347	–	–
Disociační energie vazby π_1 v kJ/mol	–	264	–
Disociační energie vazby π_2 v kJ/mol	–	–	236

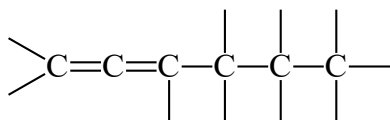
Z tabulky vyplývá, že čím je vazba „násobnější“, tím je kratší a pevnější. Nejpevnější je vazba trojná, protože má nejvyšší disociační energii (fyzikální stabilita). Tyto úvahy neplatí pro reaktivitu násobné vazby – chemicky nejstabilnější jsou sloučeniny bez násobných vazeb (chemická stabilita).

Z tabulky dále vyplývá, že vazba σ je pevnější (stálejší) než vazba π , protože má vyšší disociační energii. Nejméně stálá je vazba π_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*.

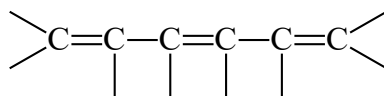
1.2.5 Organické sloučeniny s několika dvojnými vazbami

Podle vzájemné polohy dvojných vazeb v molekule rozlišujeme:

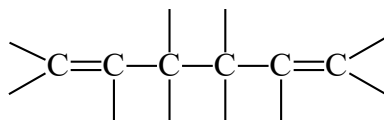
- a) dvojně vazby **kumulované**: dvojně vazby jsou vedle sebe (z jednoho atomu uhlíku vycházejí dvě dvojně vazby)



- 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	CH_3
	molekulový vzorec	C_2H_6
	racionální vzorec	CH_3CH_3

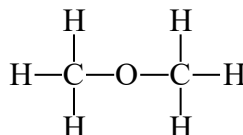
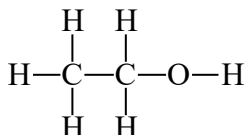
2) Molekulový (souhrnný, sumární) vzorec

udává *skutečné počty* atomů jednotlivých prvků v molekule.



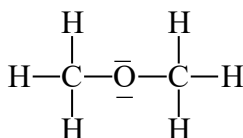
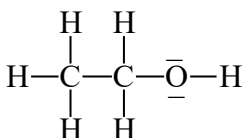
3) Strukturní (konstituční) vzorec

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



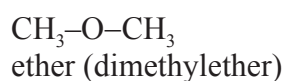
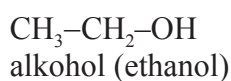
4) Elektronový strukturní vzorec

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



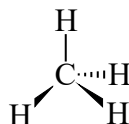
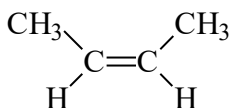
5) Racionální (funkční) vzorec

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

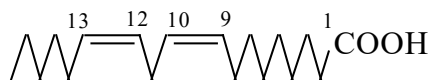
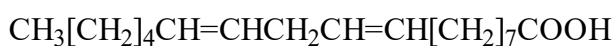


6) Konfigurační (geometrický) vzorec

udává prostorové uspořádání atomů v molekule.

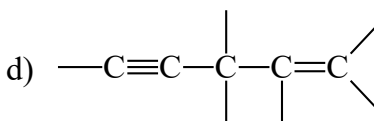
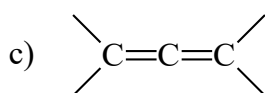
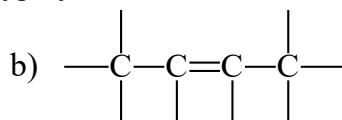
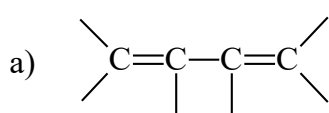


7) V poslední době se s rozvojem počítačů rozšiřuje používání **zjednodušených vzorců**, ve kterých jsou vyznačeny jen vazby a substituenty.



► 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 σ silnější než vazba π ?
- 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) H_2CO_3
 - b) CH_3COOH
 - c) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
 - d) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
 - e) $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

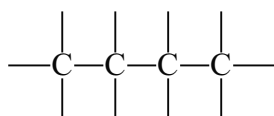
1.4 Uhlíkový řetězec

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.

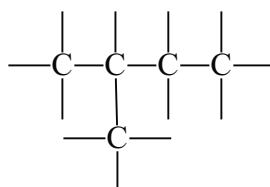
Řetězec uhlíkových atomů může být:

l) lineární (otevřený):

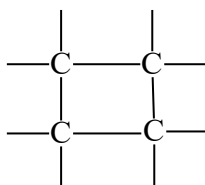
a) nerozvětvený (přímý)



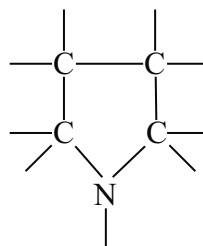
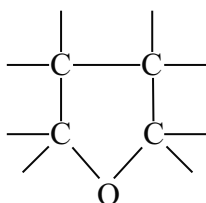
b) rozvětvený



- 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: CH_4 methan
 deriváty methanu: CH_3Cl chlormethan CHBr_3 tribrommethan
 CH_3NH_2 methanamin CH_3NO_2 nitromethan

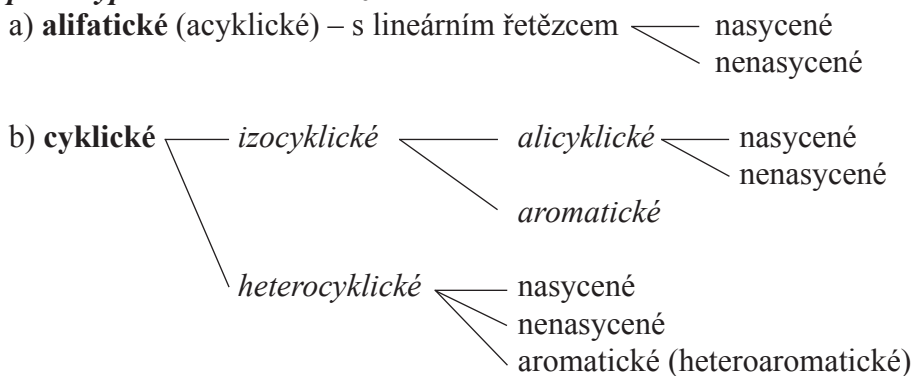
- 2) **podle typu vazeb (reaktivity)**

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

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

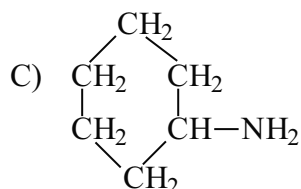
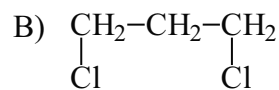
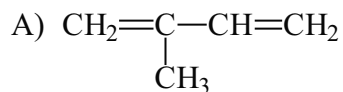
- c) **aromatické** – cyklické sloučeniny obsahující systém konjugovaných dvojných vazeb se $(4n + 2)$ π -elektronů, kde $n = 0, 1, 2, \dots$ (např. benzen, kap. 5.6)

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



2. NOMENKLATURA (NÁZVOSLOVÍ) ORGANICKÝCH SLOUČENIN

Organická sloučenina může mít několik názvů, které vznikají různým způsobem.

Triviální názvy

mají historický původ. Nemají vztah ke struktuře ani ke složení dané sloučeniny. Souvisí zpravidla s vlastnostmi sloučeniny nebo s jejím původem (zdrojem) – např. aceton, kyselina octová, chloroform, močovina.

Systematické názvy

vyjadřují složení sloučeniny a mají vztah k její struktuře. Tvoří se podle určitých pravidel. Z názvu sloučeniny lze odvodit její vzorec.

Principy systematické nomenklatury ustavila mezinárodní společnost International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) a jsou mezinárodně platné. Základem systematické nomenklatury jsou názvy nerozvětvených alkanů.

2.1 Alkany s nerozvětveným řetězcem

Alkany (parafiny) jsou nasycené alifatické uhlovodíky. Mají obecný vzorec



Alkany tvoří *homologickou řadu*. Její členové se nazývají **homology**. Mají stejný obecný vzorec a každý následující člen se liší od předcházejícího o stejnou skupinu atomů, *homologický rozdíl* nebo *přírůstek* (skupina $-\text{CH}_2-$).

V každé homologické řadě platí, že s rostoucím počtem atomů uhlíku v řetězci roste teplota tání, teplota varu a hustota. Chemické vlastnosti jsou stejné.

Název alkanu má sufix **-an**

Nomenklatura nerozvětvených alkanů

Počet atomů uhlíku	Název	Molekulový vzorec	Racionální vzorec
1	methan	CH_4	CH_4
2	ethan	C_2H_6	CH_3CH_3
3	propan	C_3H_8	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
4	butan	C_4H_{10}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_2\text{CH}_3$
5	pentan	C_5H_{12}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_3\text{CH}_3$
6	hexan	C_6H_{14}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_4\text{CH}_3$
7	heptan	C_7H_{16}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_5\text{CH}_3$
8	oktan	C_8H_{18}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_6\text{CH}_3$
9	nonan	C_9H_{20}	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_7\text{CH}_3$
10	dekan	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3[\text{CH}_2]_8\text{CH}_3$

První čtyři alkany mají triviální názvy. Názvy ostatních alkanů vznikají z řecké číslovky (podle počtu atomů C) a sufixu **-an**.

Poznámka: Alkany s nerozvětveným řetězcem se dříve označovaly jako *normální* alkany (*n*-butan až *n*-dekan, ale i vyšší).

2.2 Uhlovodíkové substituenty

Uhlovodíkové substituenty (dříve radikály) odvozujeme odtržením atomu vodíku z uhlovodíku. Uhlovodíkové substituenty se obecně označují **R-**.

Název: sufix **-yl**.

Např. *alkan* → **alkyl** (alkanyl*) (uhlovodíkový substituent z nasyceného uhlovodíku alkanu)
alken → **alkenyl** (uhlovodíkový substituent z uhlovodíku s dvojnou vazbou)
alkyn → **alkynyl** (uhlovodíkový substituent z uhlovodíku s trojnou vazbou)
aren → **aryl** (uhlovodíkový substituent z aromatického uhlovodíku)

**Alkyl:* např. propyl, butyl – v tomto případě má uhlík s volnou vazbou vždy lokant (číslo) 1!
Alkanyl: pokud není volná vazba na koncovém atomu uhlíku, přípona -yl je za názvem celého uhlovodíku – např. propan-2-yl – (ne prop-2-yl).

Klasifikace uhlovodíkových substituentů (alkylů):

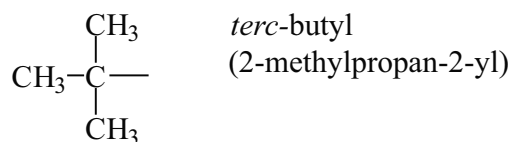
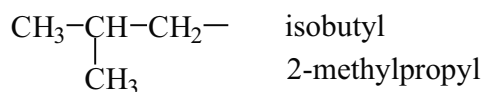
$R-CH_2-$	<i>primární</i>	Jeden R- a dva atomy vodíku jsou vázány na uhlík s volnou vazbou (volná vazba je na konci řetězce)
$\begin{array}{c} R \\ \diagdown \\ CH- \\ \diagup \\ R \end{array}$	<i>sekundární</i> (<i>sek</i>)	Dva R- a jeden atom vodíku jsou vázány na uhlík s volnou vazbou (volná vazba je v řetězci)
$\begin{array}{c} R \\ \diagdown \\ R-C- \\ \diagup \\ R \end{array}$	<i>terciární</i> (<i>terc</i>)	Tři R- jsou vázány na uhlík s volnou vazbou (volná vazba je v místě rozvětvení řetězce)

Příklady uhlovodíkových substituentů:

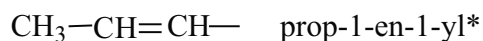
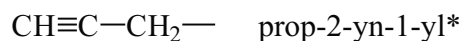
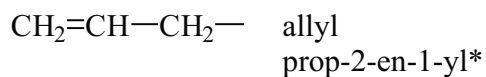
1) *jednovazné*

a) nasycené (alkyly)

CH_3-	methyl	CH_3-CH_2-	ethyl
$CH_3-CH_2-CH_2-$	propyl	$\begin{array}{c} CH_3-CH- \\ \\ CH_3 \end{array}$	isopropyl (propan-2-yl)
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$	butyl	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\ \end{array}$	sek-butyl (butan-2-yl)

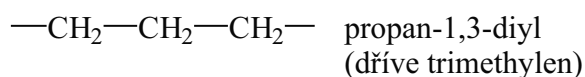
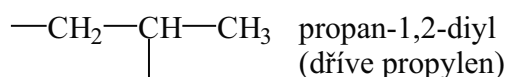


b) nenasycené (alkenyly a alkynyly)



* Lokant 1 se uvádí vždy, když název obsahuje ještě jiný lokant.

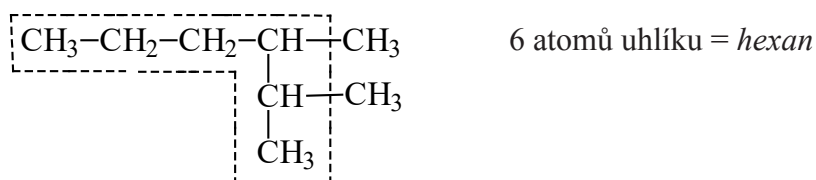
2) *dvojvazné* – mají sufix *-diyl* (starší sufix *-ylen* pouze pro methylen a ethylen)



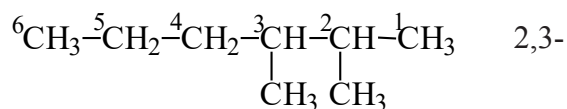
2.3 Alkany s rozvětveným řetězcem

2.3.1 Tvoření názvů

1. Určíme *nejdelší* uhlíkový řetězec. Tento *hlavní* řetězec tvoří základ názvu:



2. Hlavní (nejdelší) řetězec *očíslovujeme* tak, aby polohy alkylů nebo jiných substituentů měly *nejnižší možný lokant* (číslo):



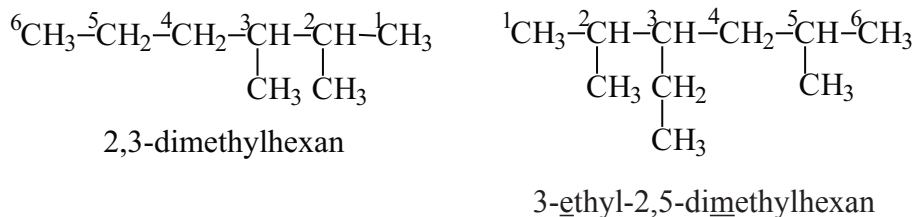
3. Před název hlavního řetězce napíšeme:

- lokant* alkylu nebo jiného substituentu (tj. číslo uhlíku, na kterém je substituent vázán)
- název* substituentu

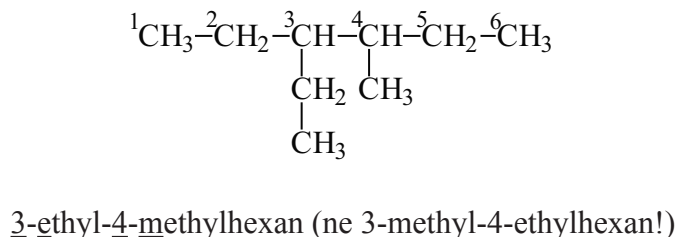
Mezi lokanty píšeme *čárku* (např. 1,3,5); mezi lokanty a názvy píšeme *spojovník* (2-methyl)

Různé substituenty řadíme v názvu v *abecedním pořadí* (ne podle lokantů).

Větší počet *stejných* substituentů vyjadřují číselné prefixy di-, tri-, tetra- atd. Číselný prefix jednoduchých substituentů nemá vliv na abecední pořadí!



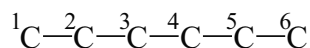
4) Jsou-li dva různé alkyly nebo jiné substituenty v symetrických polohách (symetrické lokanty), má *nižší lokant* ten substituent, který je *dříve v abecedě*:



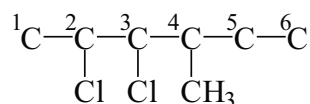
2.3.2 Psaní vzorců

Příklad: 2,3-dichlor-4-methylhexan

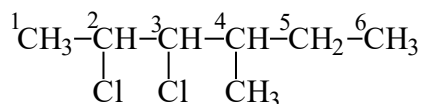
1) Napišeme *hlavní uhlíkový řetězec* (hexan) a *očíslovíme*.



2) Na příslušné atomy uhlíku připojíme *substituenty* (atomy Cl na uhlíky č. 2 a 3, skupinu CH₃– na uhlík č. 4).



3) Doplňme *atomy vodíku* tak, aby každý atom uhlíku byl čtyřvazný.



► Cvičení:

- 1) Co jsou alkany? Jaký mají obecný vzorec?
- 2) Vyjmenujte homologickou řadu nerozvětvených alkanů (C₁ – C₁₀).
- 3) Co jsou uhlovodíkové substituenty? Jak odvozujeme alkyly z alkanů?
- 4) Jaké typy alkylů znáte? Čím se liší?