

# Inovace bakalářského studijního oboru Aplikovaná chemie

<http://aplchem.upol.cz>

CZ.1.07/2.2.00/15.0247

Tento projekt je spolufinancován  
Evropským sociálním fondem a státním  
rozpočtem České republiky.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



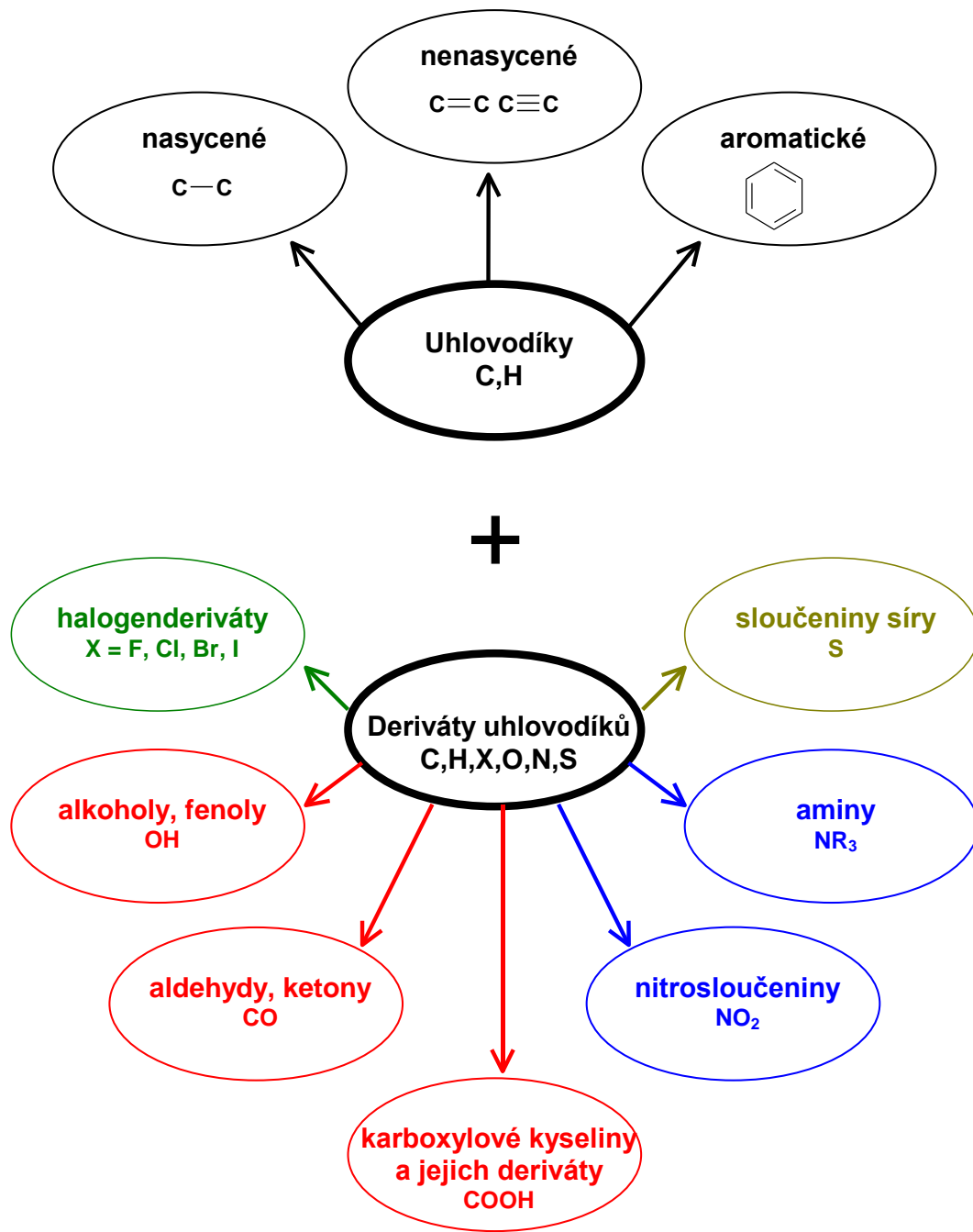
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



OKRESNÍ HOSPODÁŘSKÁ  
KOMORA OLOMOUČ

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

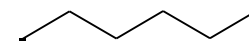
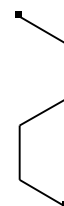
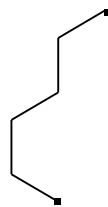
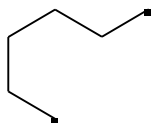
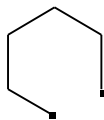
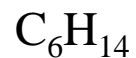
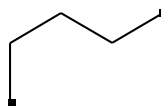
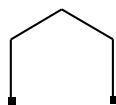
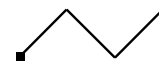
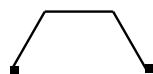
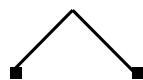
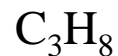
# Rozdělení organických sloučenin



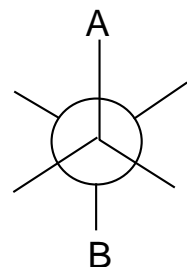
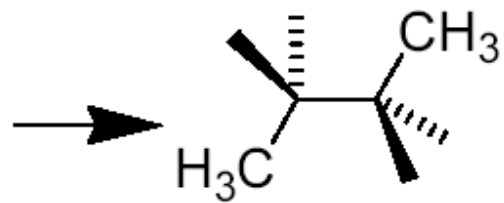
# Nasyčené uhlovodíky – **ALKANY** (parafíny) a **CYKLOALKANY** (nafteny)

Jednoduchá vazba, C -sp<sup>3</sup>

Konformace – prostorové uspořádání molekuly vznikající otáčením kolem jednoduchých vazeb

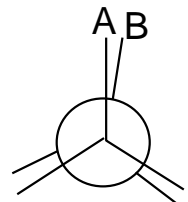
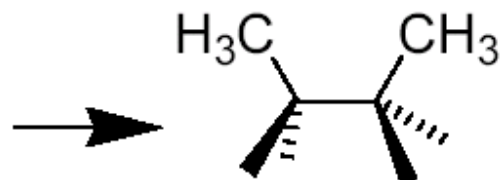


Znázornění konformace – Newmannovou projekcí: př. butan



anti-periplanární

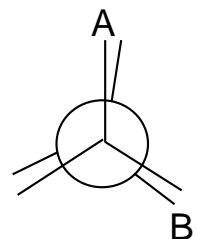
Nejvýhodnější konformace



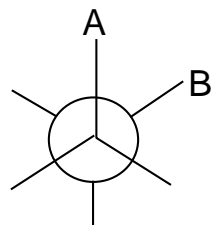
syn-periplanární

Nejméně výhodná konformace

Další konformace

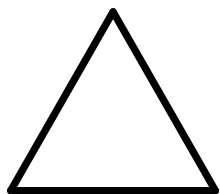


anti-klinální



syn-klinální

## Stereochemie cyklických sloučenin



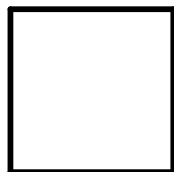
Planární struktura, vynucená syn-periplanární konformace – velké pnutí v molekule

Valenční úhel je  $60^\circ$  (ale uhlík v  $sp^3$  má  $109^\circ$ )

**Pitzerovo pnutí** – pnutí v molekulách, které je dáno jejich konformací

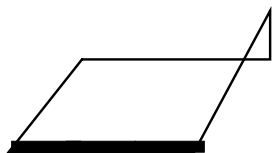
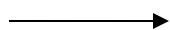
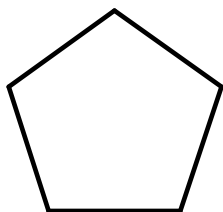
**Beyerovo pnutí** – pnutí v molekulách, které je dáno deformací valenčního úhlu.

(Rozdíl mezi přirozeným úhlem a úhlem v cyklu)



Planární struktura – Pitzerovo pnutí stejné jako u cyklopropanu

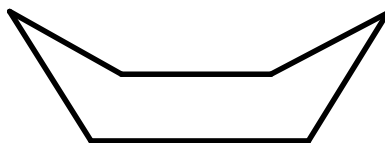
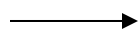
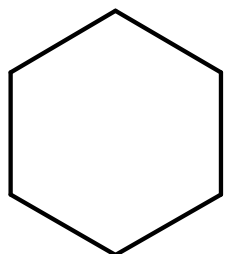
Valenční úhel –  $90^\circ$



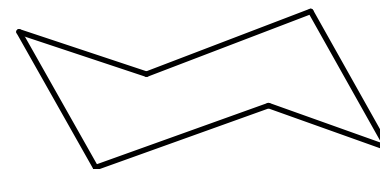
obálková  
konformace



zkřížená obálková  
konformace

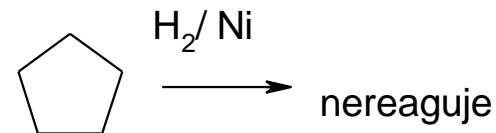
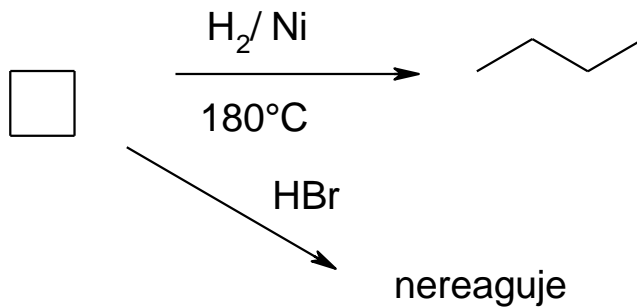
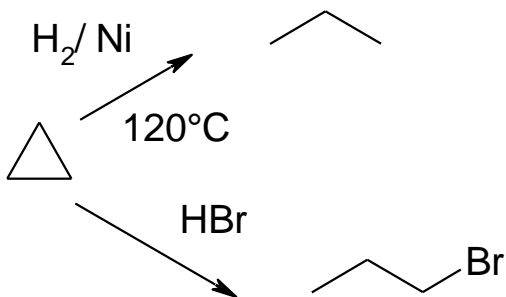


vaničková konformace

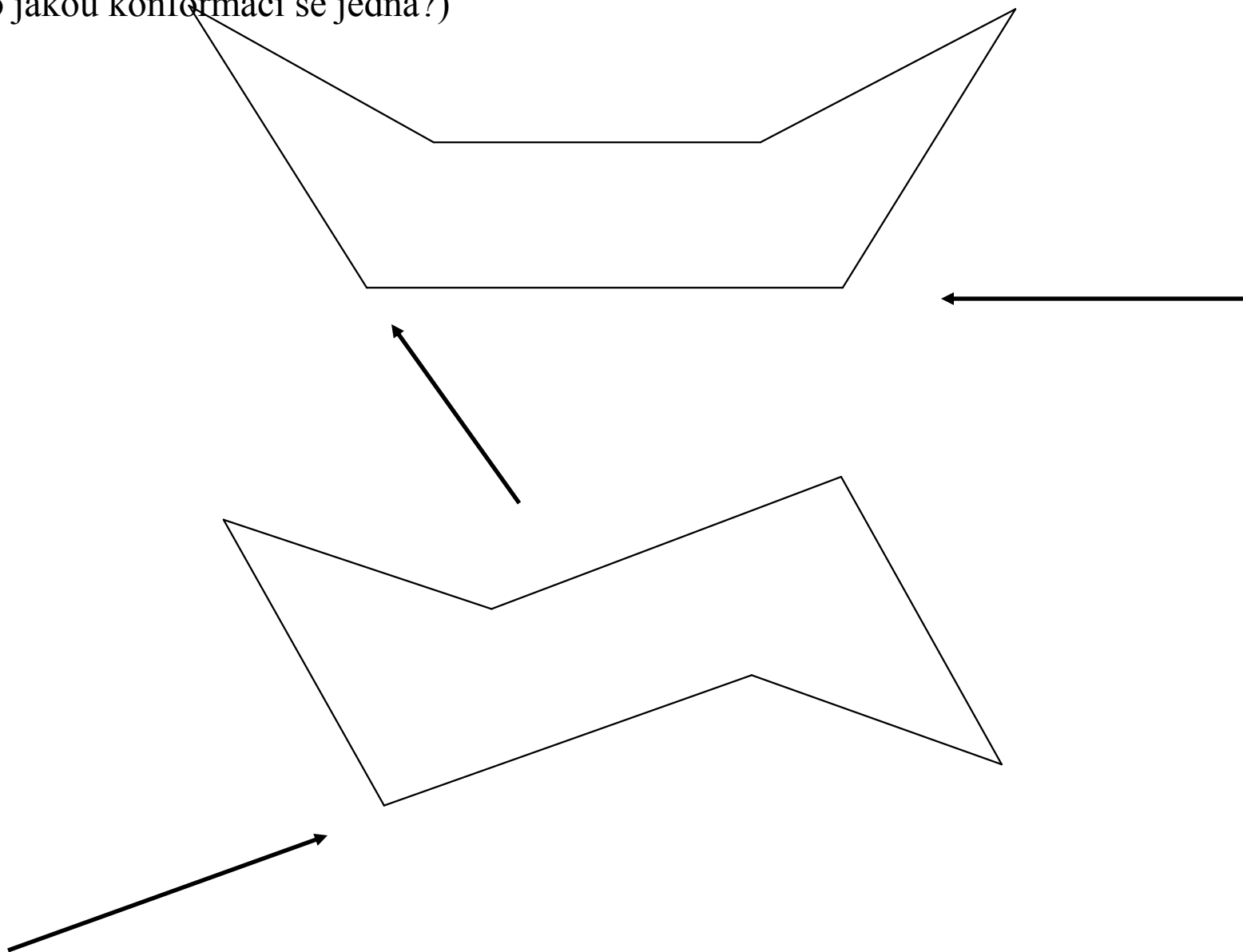


(1 : 99) židličková konformace

### Reaktivita:

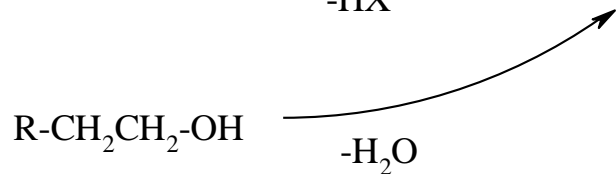
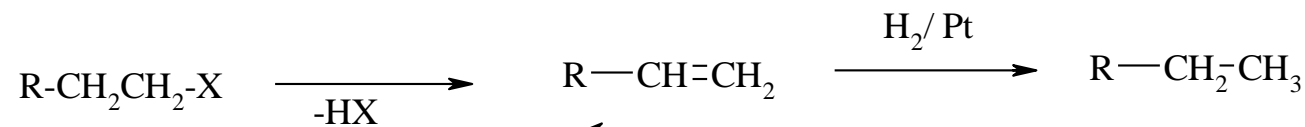
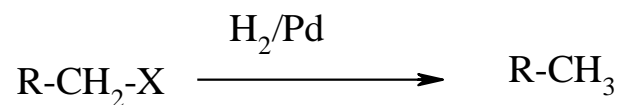
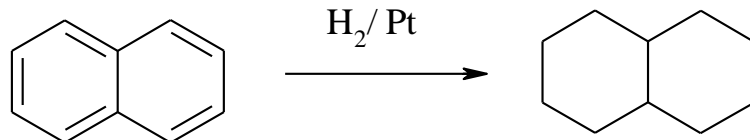
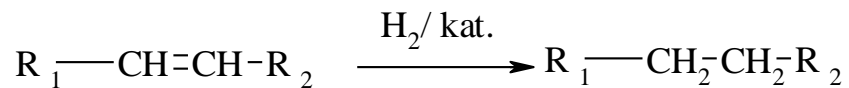


Znázorněte Newmannovou projekcí vyznačené pohledy na vazby  
(o jakou konformaci se jedná?)

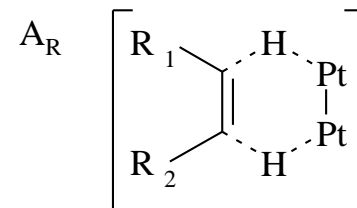


# Příprava alkanů

Hydrogenační metody:

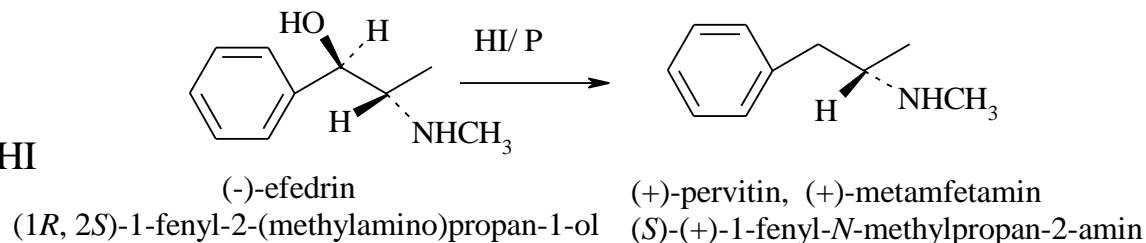
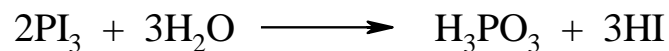
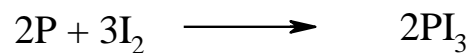
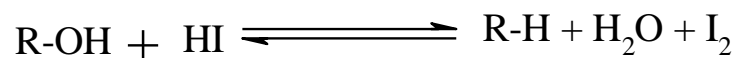


mechanismus

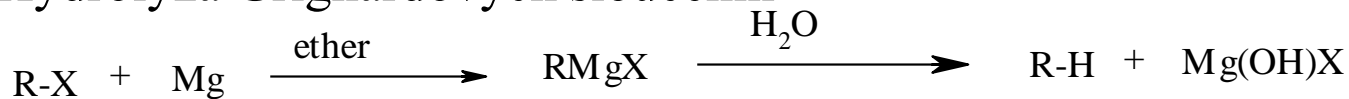




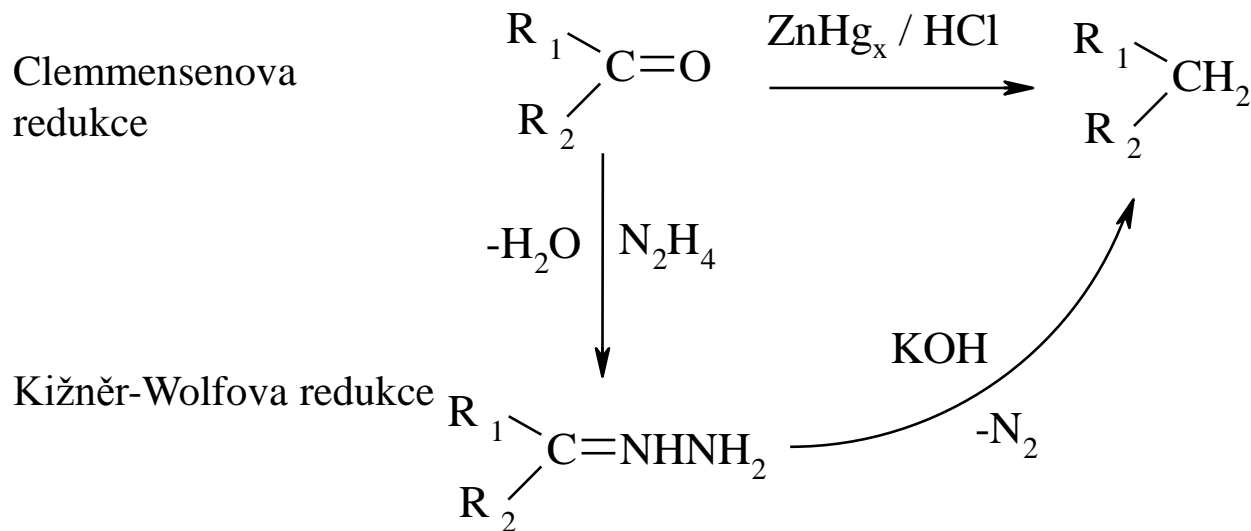
## Redukce alkoholů



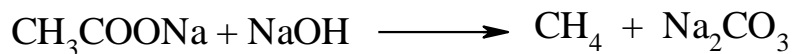
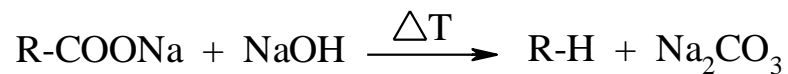
## Hydrolýza Grignardových sloučenin



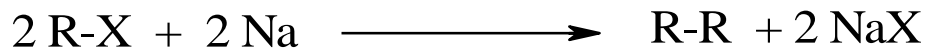
## Redukce karbonylových sloučenin



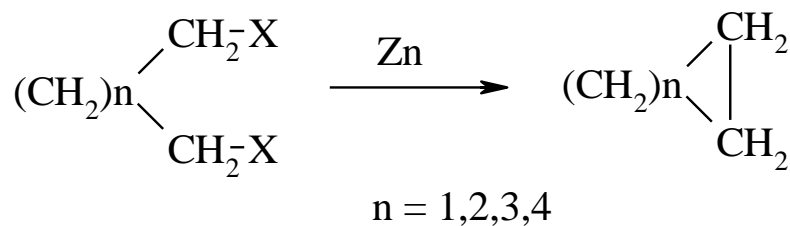
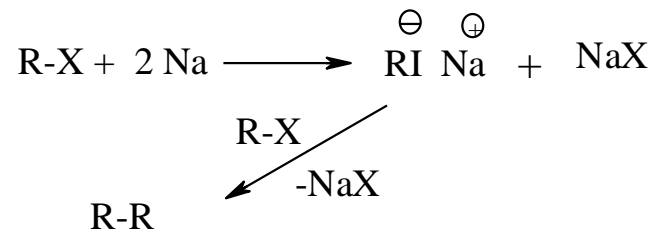
## Dekarboxylace karboxylových kyselin



## Wurtzova syntéza



mechanizmus

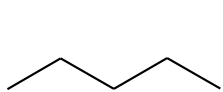
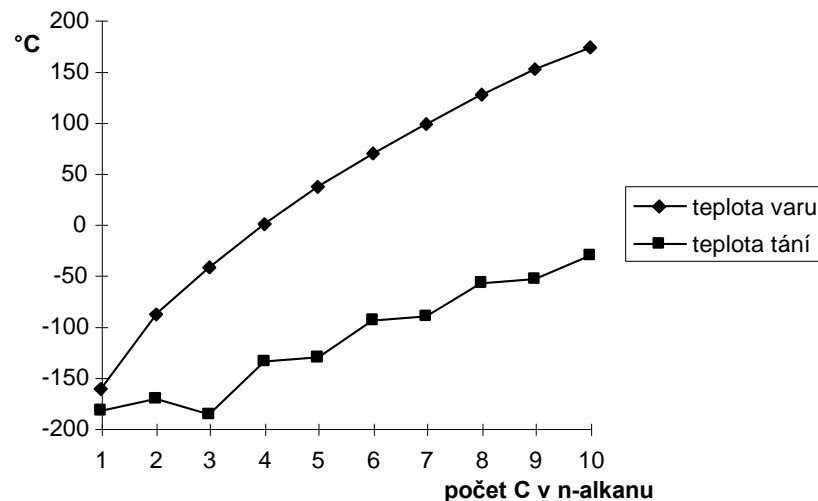


# Fyzikální vlastnosti alkanů a cykloalkanů

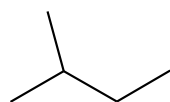
Body tání a varu rostou v homologické řadě s rostoucím počtem uhlíků:

Při 25°C

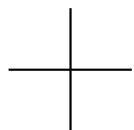
$C_1$ - $C_4$  -plyny  
 $C_5$ - $C_{15}$  -kapaliny  
 $C_{16}$  a výše -pevné látky



pentan  
b.v. 36°C  
t.t. -131°C



isopentan  
b.v. 28°C

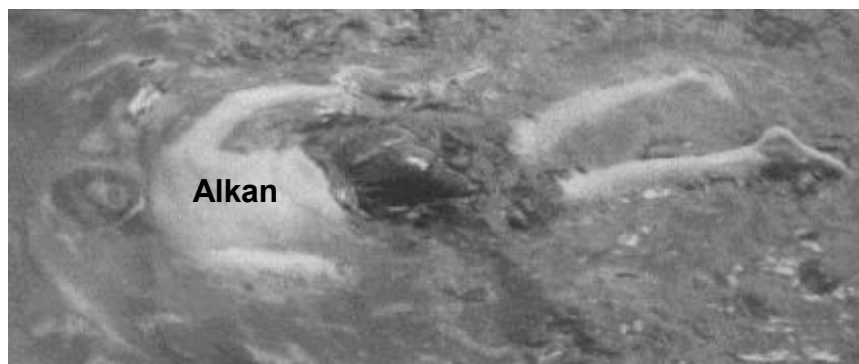


neopentan  
b.v. 9°C  
t.t. -20°C

Obecně: -bod varu klesá se symetrií molekuly

-teplota tání vzrůstá se symetrií molekuly

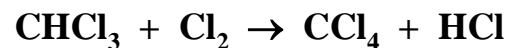
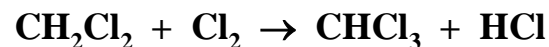
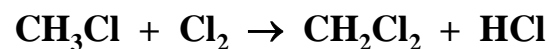
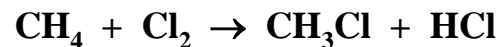
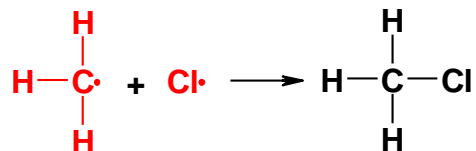
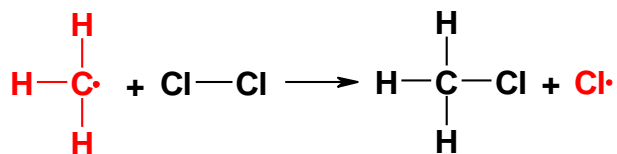
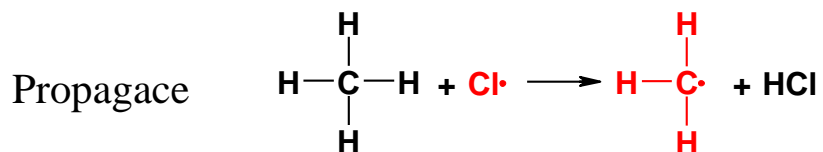
Bezbarvé látky, nepolárního charakteru, rozpustné v nepolárních rozpouštědlech, nerozpustné ve vodě, hustoty menší než  $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  – plavou na vodě



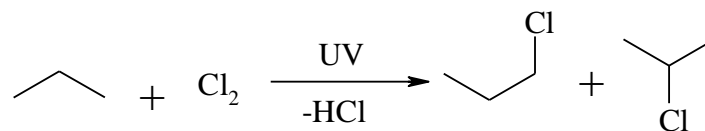
# Chemické vlastnosti

Není žádné centrum reaktivity (díky nepolárním vazbám) málo reaktivní (*parum affinis* = málo slučivý). Reakce mají pouze **radikálový** charakter.

**Halogenace:** př. Chlorace methanu

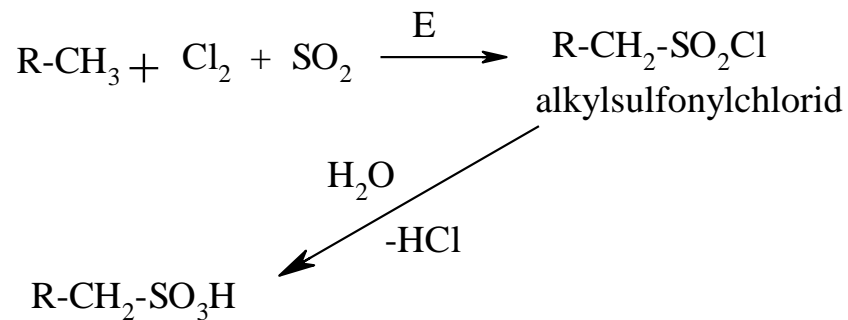


Radikálové reakce – značně neselektivní (směs produktů)



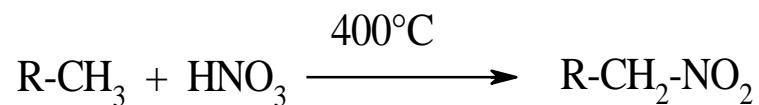
## Sulfochlorace

S<sub>R</sub>

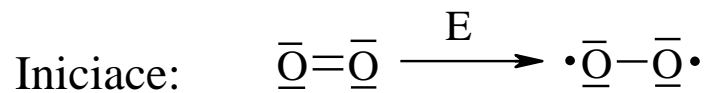
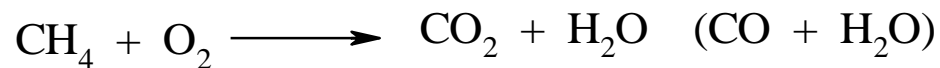


## Nitrace

S<sub>R</sub>



## Oxidace - hoření



## Výskyt uhlovodíků

Zemní plyn (methan, ethan, propan...), uhlí

Ropa (uhlovodíky do  $C_{50}$ , nasycené, nenasycené, aromatické, heterocyklické

b.v. 30-200 °C benzinová frakce  $C_5$ - $C_{11}$

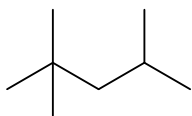
b.v. 175-300 °C petrolejová frakce  $C_{11}$ - $C_{14}$

b.v. 275-400 °C plynový olej  $C_{14}$ - $C_{25}$

b.v. 350°C - mazací oleje a vosky (parafin)  $C_{20}$ -

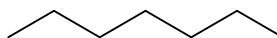
destilační zbytek mazut (topivo či asfalt)

Benzínové frakce (pro zážehové motory s nejvyšším oktanovým číslem):  
uhlovodíky s rozvětveným řetězcem



2,2,4-trimethylpentan

o.č. 100

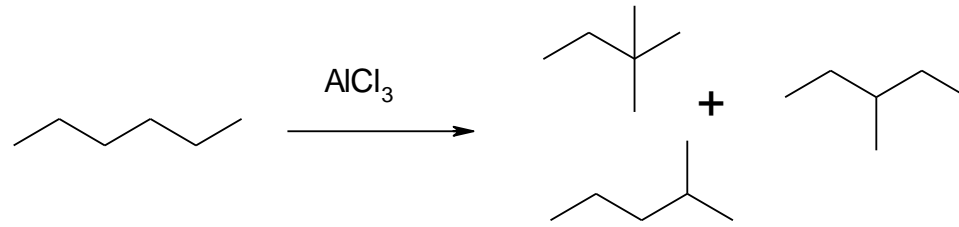


n-heptan

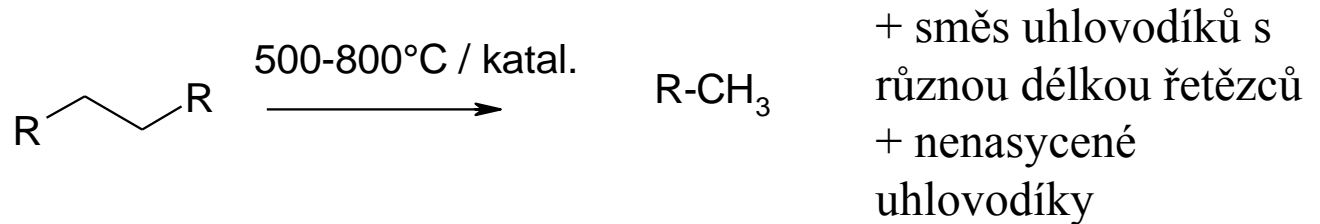
o.č. 0 (největší sklon k samozápalu)

Motorová nafta (pro vznětové motory  $C_{13}$ - $C_{25}$ ): lineární uhlovodíky

**Izomerace** (převedení lineárních řetězců benzínové frakce v rozvětvené)



**Krakování** (štěpení dlouhých řetězců)



Methan – součást zemního plynu, střevních plynů, bahenní plyn. Palivo a důležitá průmyslová surovina – výroba acetylénu, methanolu, vodíku, kyanovodíku a sazí

Propan a butan – doprovázejí ropu. Topné plyny, hnací plyny (nahrazují freony), palivo zážehových motorů (LPG), výroba butadienu a propenu (suroviny pro výrobu umělých hmot)

Vyšší uhlovodíky – paliva a rozpouštědla.

$\text{C}_{27}\text{H}_{56}$  (heptakosan) a  $\text{C}_{31}\text{H}_{64}$  (hentriakosan) složky včelího vosku

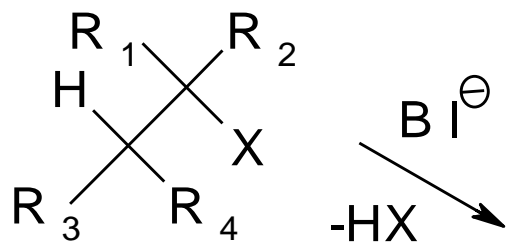
# Nenasycené uhlovodíky – **ALKENY** (olefiny)

Dvojná vazba, C-sp<sup>2</sup>, geometrická izomerie (E-Z)

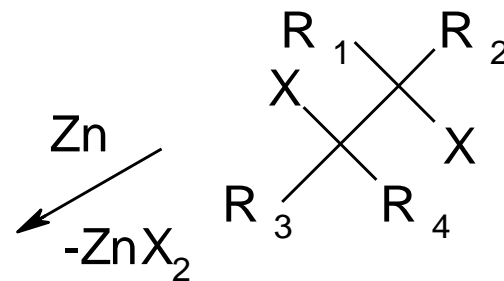
## Příprava alkenů

### 1. Eliminační metody

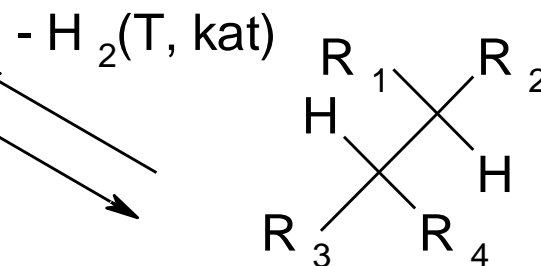
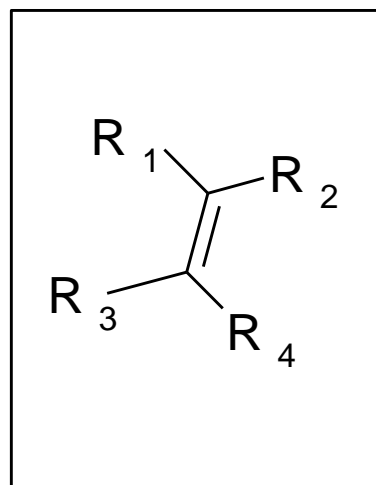
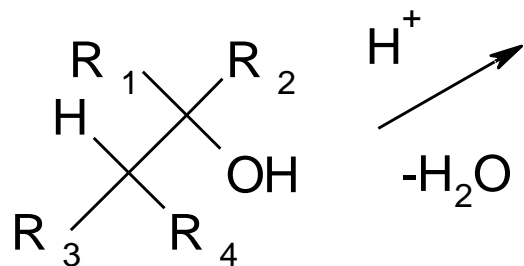
dehydrohalogenace



dehalogenace

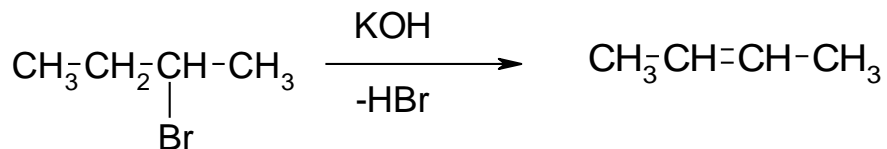


dehydratace

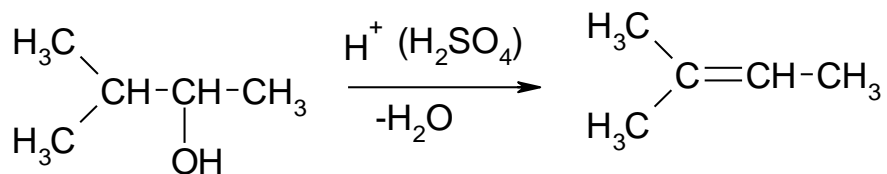


katalytická  
dehydrogenace



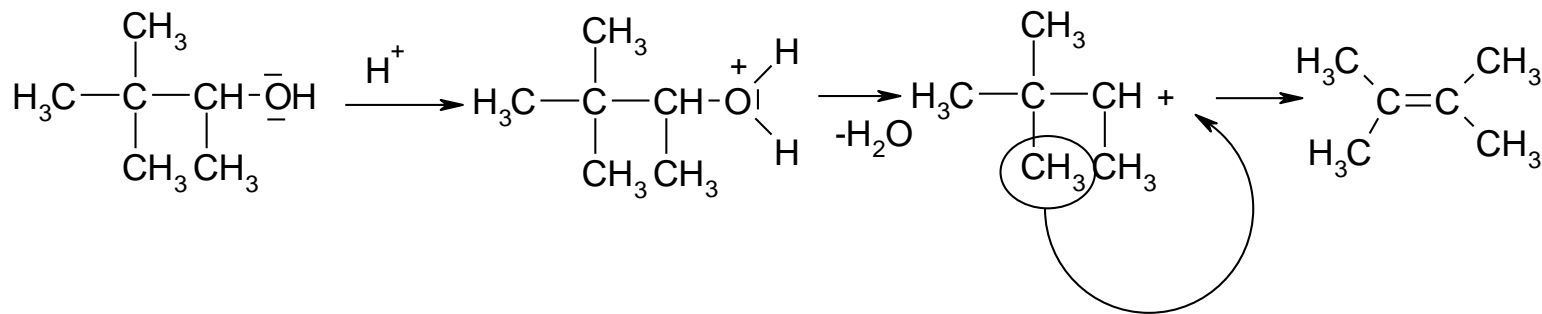


Platí **Zajcevovo pravidlo**: Při eliminaci se bude odštěpovat atom vodíku z toho sousedního atomu, který má méně atomů vodíků.

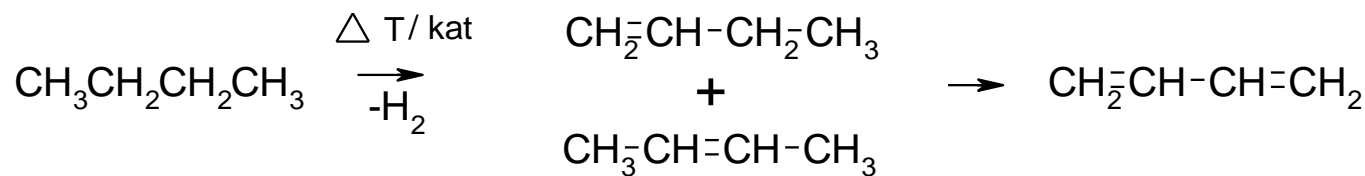


Snadnost dehydratace: terciální > sekundární > primární

### Retropinakolinový přesmyk:

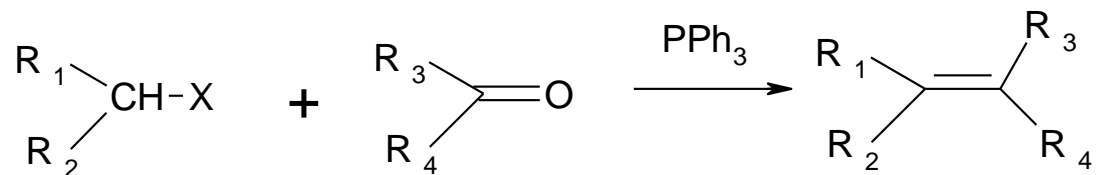


Průmyslová výroba butadienu:

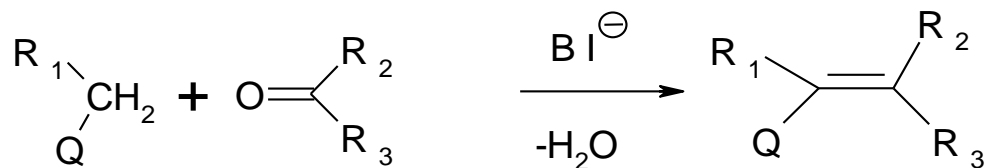


## 2. Syntetické metody přípravy alkenů

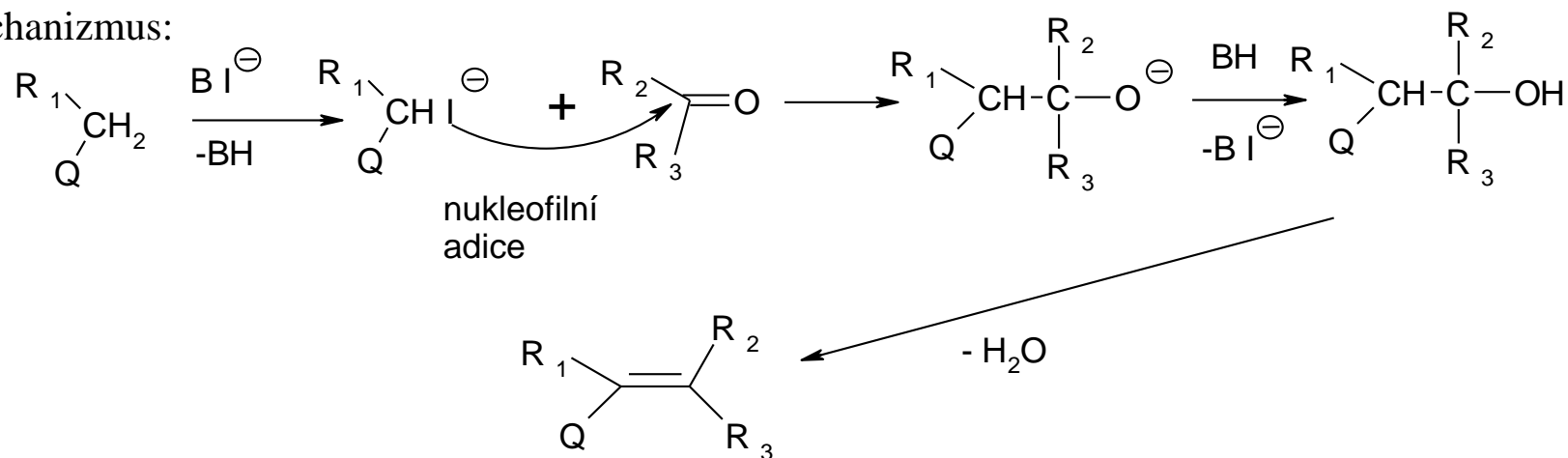
### Wittigova metoda



### Adolová kondenzace



mechanismus:



## Fyzikální vlastnosti

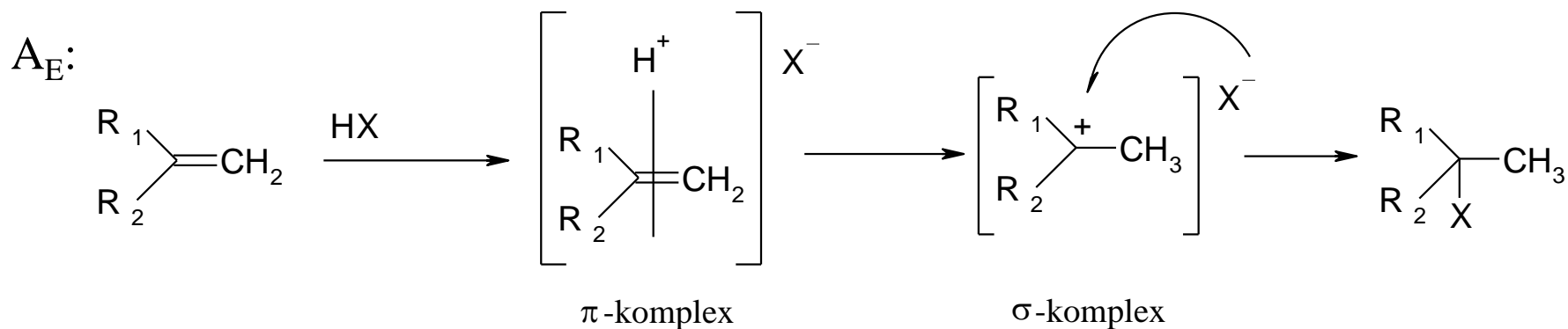
-přítomnost dvojné vazby snižuje teplotu tání a teplotu varu.

-butan t.t.  $-135^{\circ}\text{C}$  t.v.  $-0,5^{\circ}\text{C}$

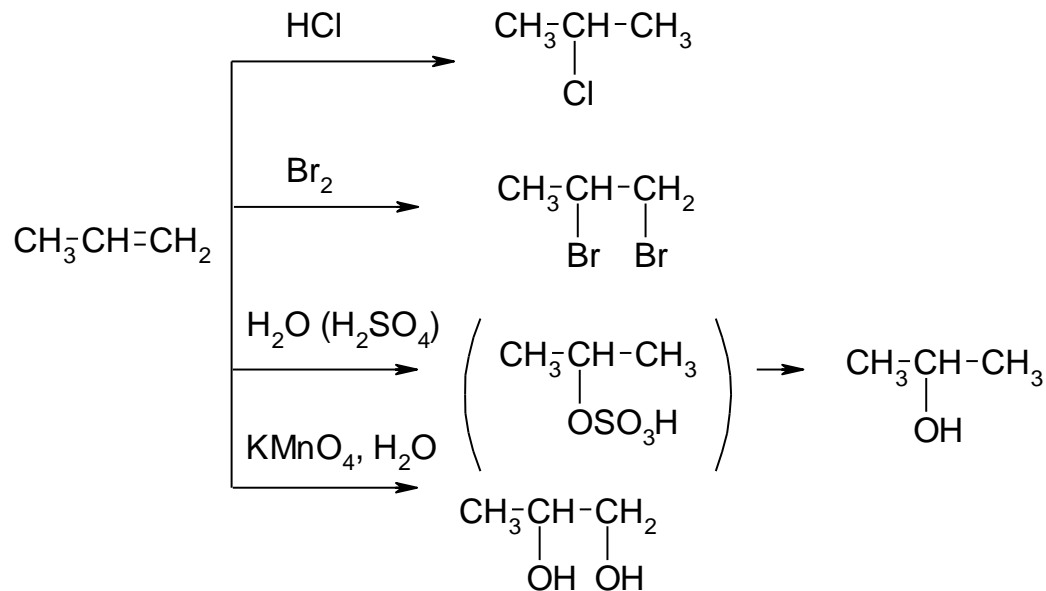
-buten t.t.  $-190^{\circ}\text{C}$  t.v.  $-6,7^{\circ}\text{C}$

## Chemické vlastnosti

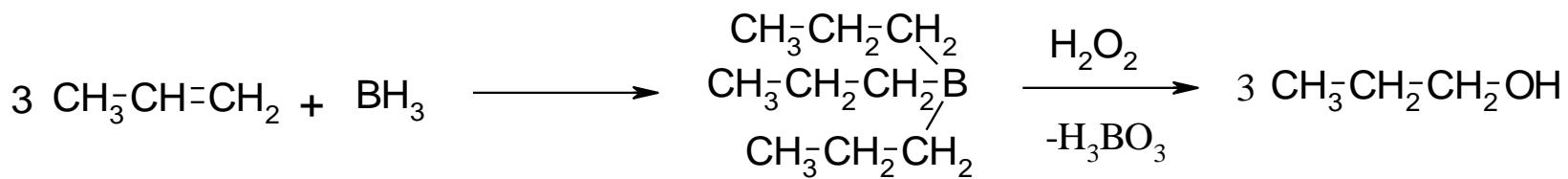
Reaktivní díky násobné vazbě: **Adice elektrofilní a radikálové**



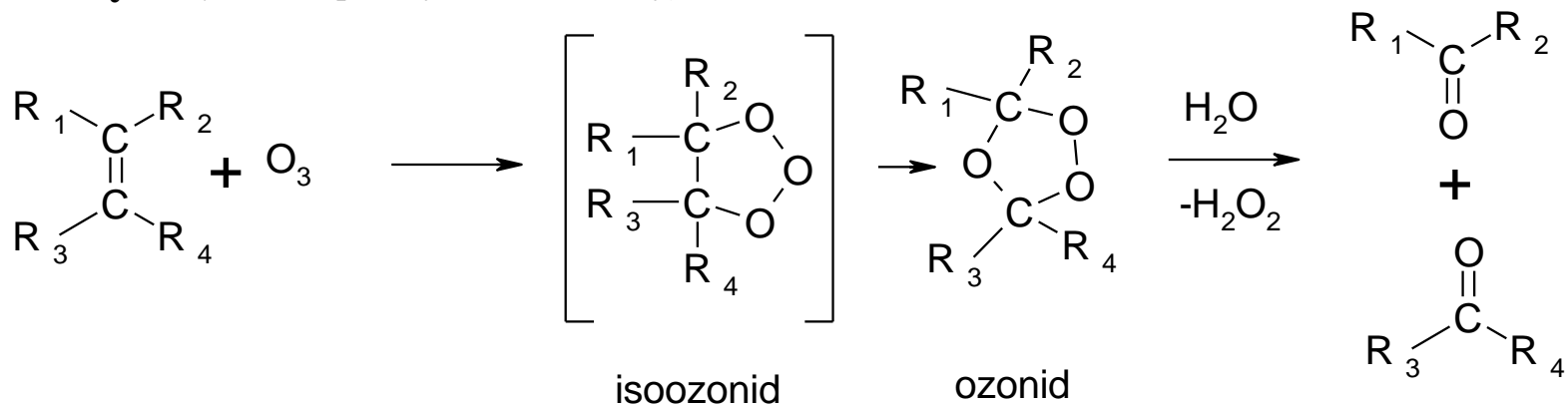
Platí **Markovnikovo pravidlo**: Při elektrofilních adicích se elektrofil aduje na ten atom uhlíku, kde je více atomů vodíků. (sterický faktor)



## Hydroborace

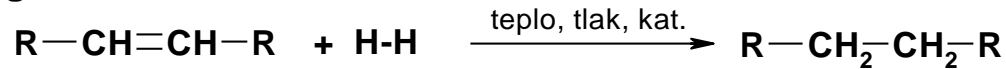


## Ozonolýza (k určení polohy násobné vazby)

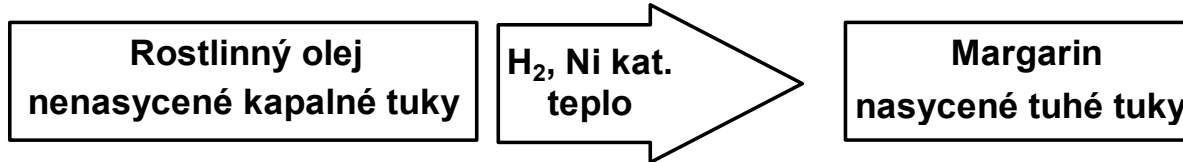


**A<sub>R</sub>:**

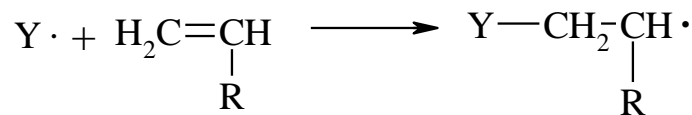
### Hydrogenace



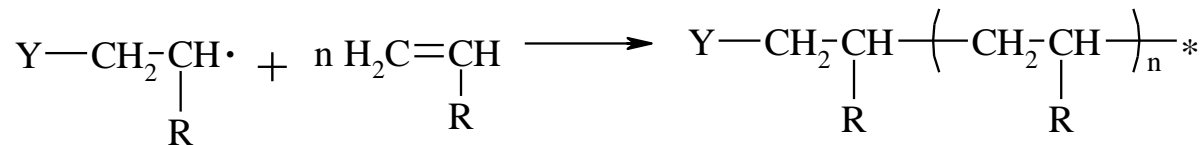
### Ztužování tuků



### Polyadice – molekuly se spojují do dlouhých řetězců



propagace:



terminace: rekombinace dvou rostoucích řetězců

Výroba: PE, PP, PS, PVC...

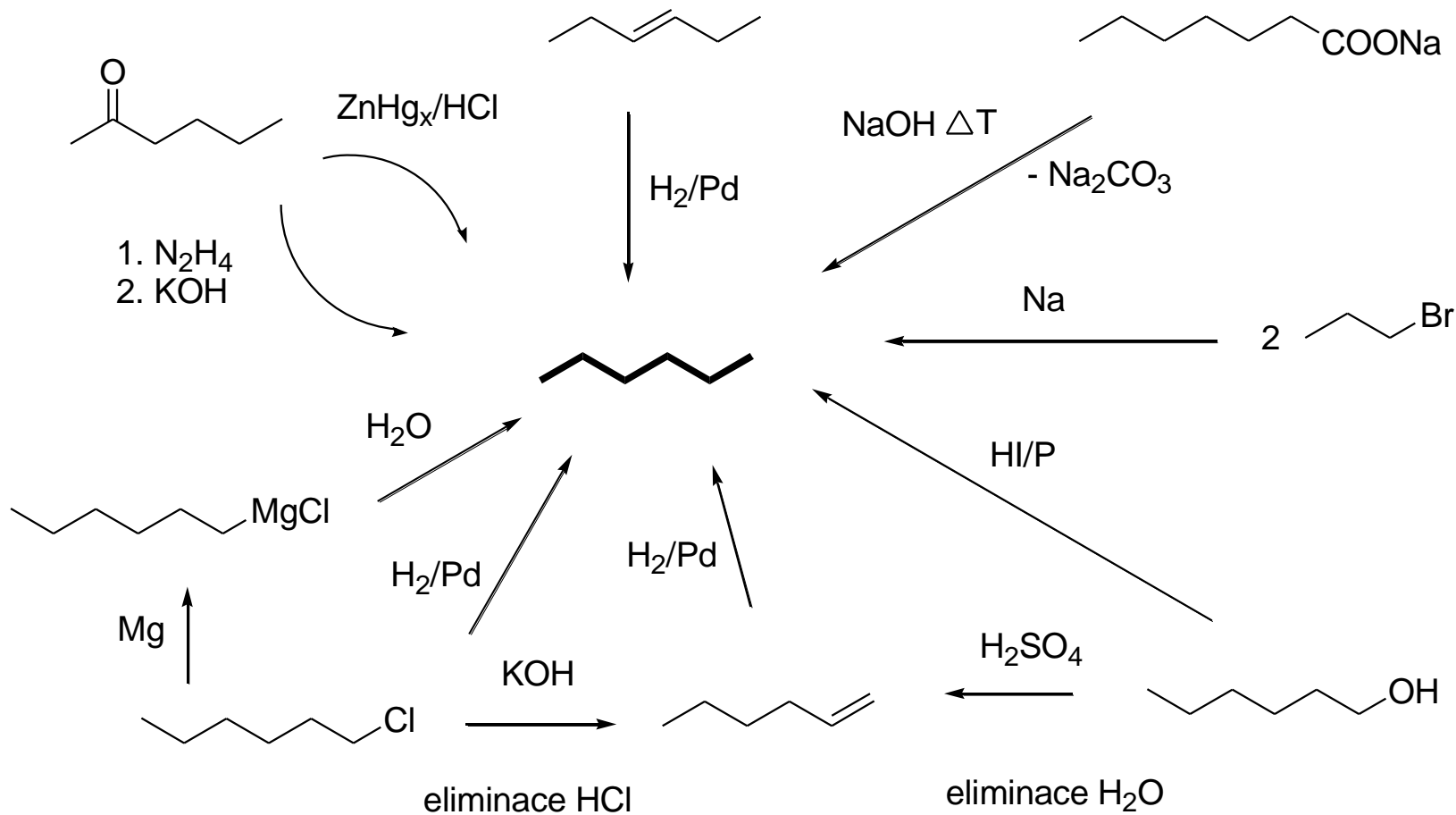
Ethen – plyn, v malé míře provází methan. Vzniká při krakování ropných frakcí. Vyrábí se z něj ethylenglykol, syntetický ethanol, polyethylén

Propen- rovněž vzniká při krakování ropných frakcí. Vyrábí se z něj glycerín, kumen (z něj pak fenol a aceton) a převážně polypropylén

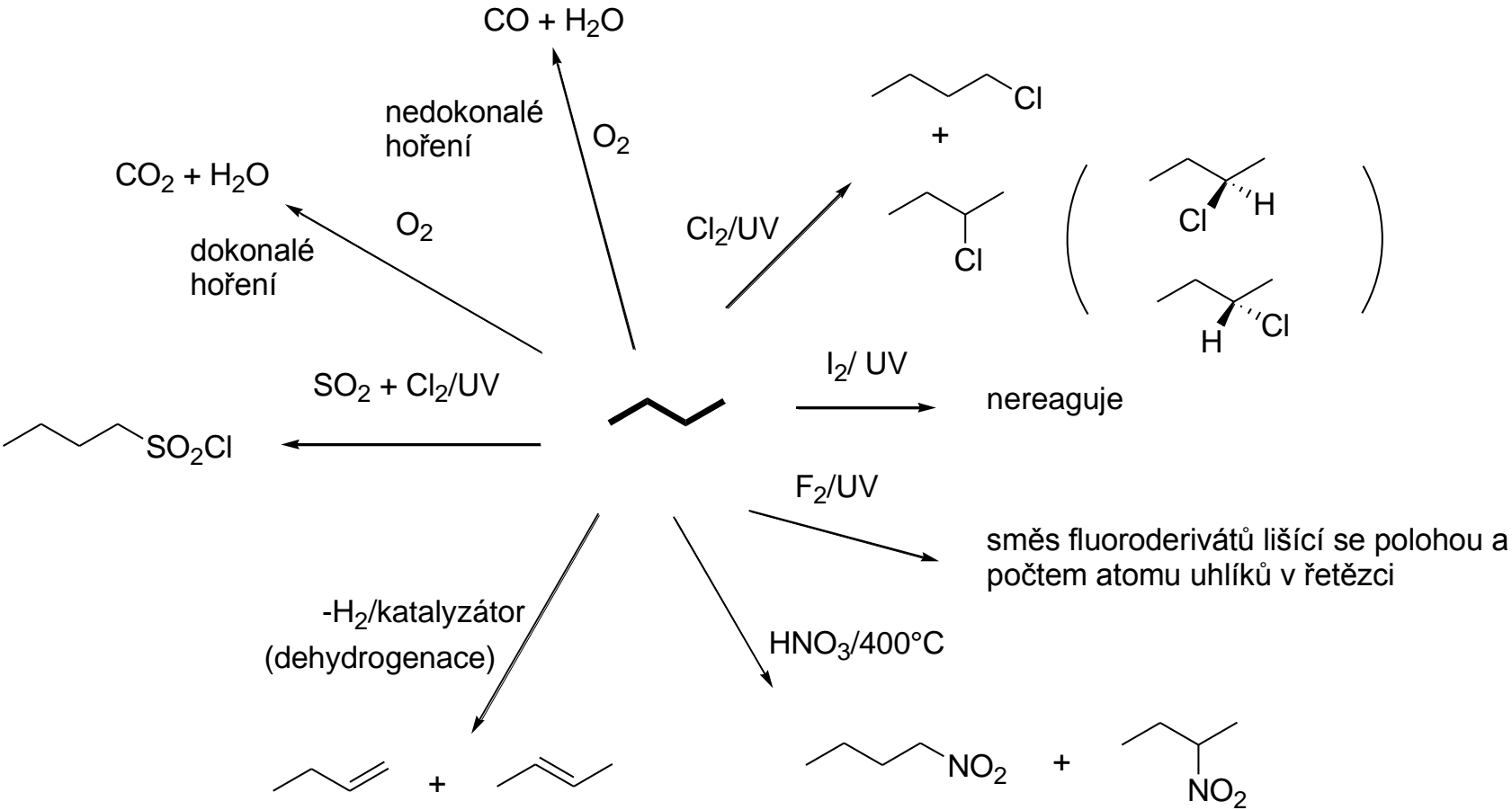
Izobutylén (2-methylpropen) – složí k výrobě polyisobutylénu – látka podobná kaučuku (duše pneumatik)

# Řešené úlohy a schémata

1. Na základě reakcí vedoucí k přípravě nasycených uhlovodíků znázorníte přípravu hexanu.

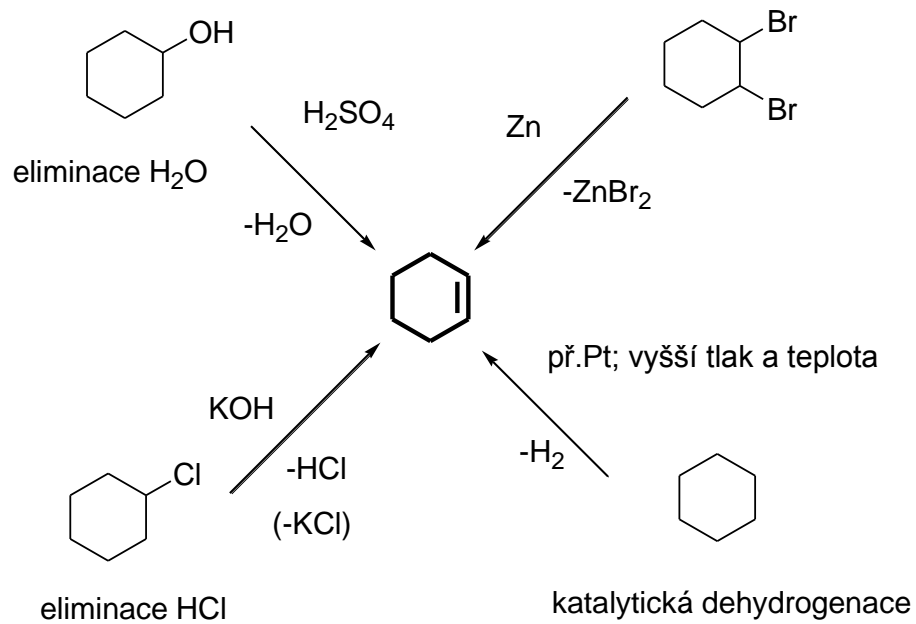


2. Na butanu znázorněte reaktivitu nasycených uhlovodíků.

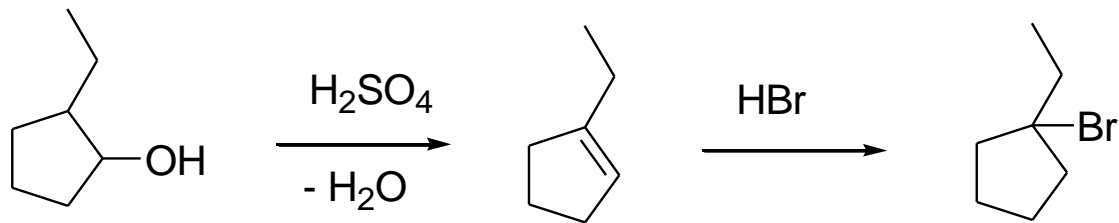




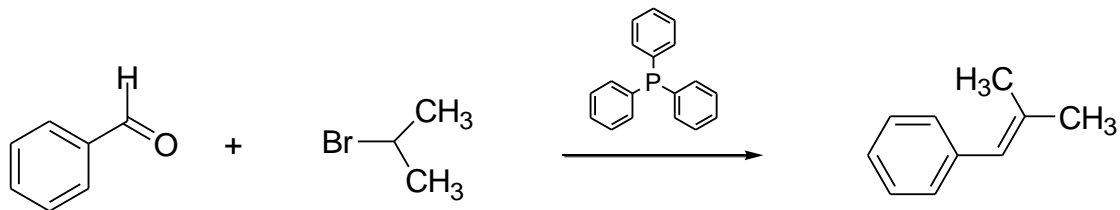
3. Z jakých sloučenin se dá přímo připravit tento cykloalken?



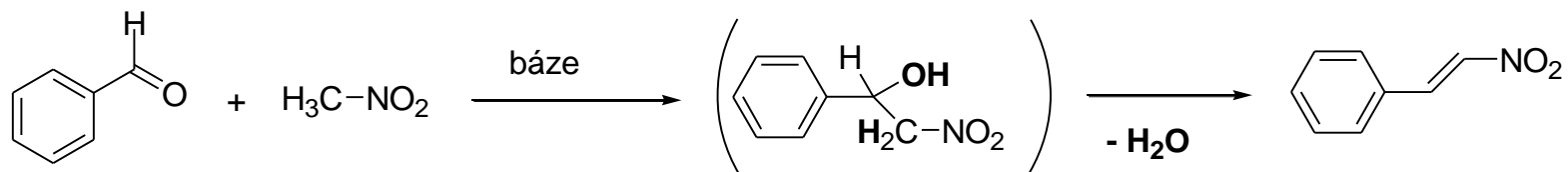
4. Reakčním schématem znázorníte eliminaci vody z 2-ethylcyklopentanolu a následnou adicí  $\text{HBr}$  na tento produkt:



5. Na principu Wittigovy syntézy připravte 1-(2-methylprop-1-en-1-yl)benzen:

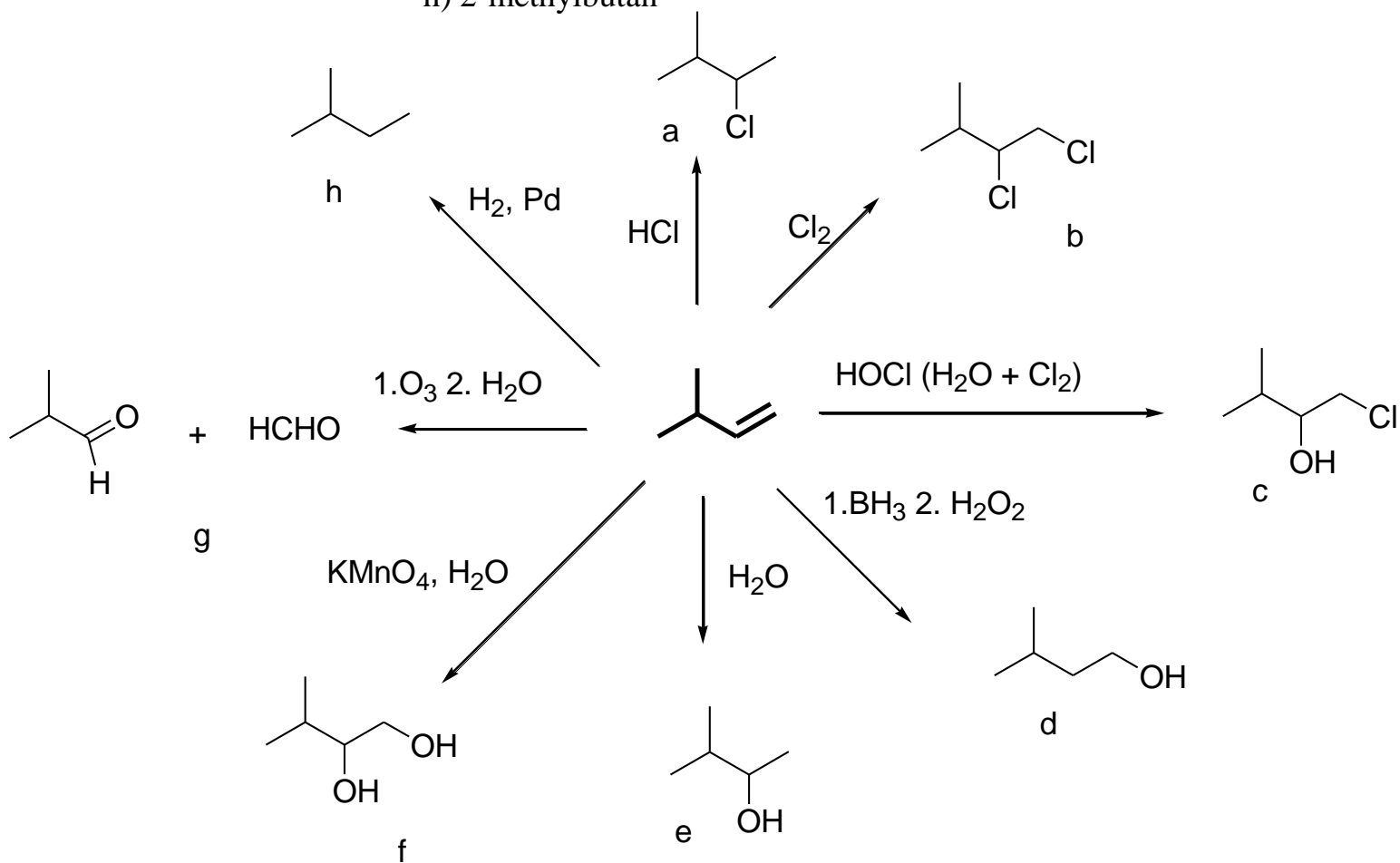


6. Na principu aldolové kondenzace připravte 1-(2-nitroethenyl)benzen



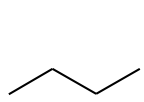
7. Na 3-methylbutenu demonstруйте hlavní reakce alkenů a připravte z něj tyto následující sloučeniny:

- 2-chlor-3-methylbutan
- 1,2-dichlor-3-methylbutan
- 1-chlor-3-methylbutan-2-ol
- 3-methylbutanol
- 3-methylbutan-2-ol
- 3-methylbutan-1,2-diol
- ekvimolární směs formaldehydu a 2-methylpropanalu
- 2-methylbutan

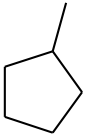


# Seminární úkoly

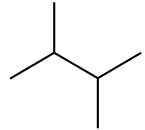
1. Napište všechny příslušné alkeny, jejichž katalytickou hydrogenací ( $H_2$ /katalyzátor) může vzniknout:



1



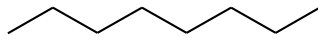
2



3

- 2. Co vznikne katalytickou hydrogenací 1,2-dimethylcyklohexenu?
- 3. Z cyklohexanolu připravte cyklohexan.
- 4. Z chlorbutanu připravte butan.
- 5. Co vznikne reakcí propylmagnezium-bromidu s a) vodou b)  $D_2O$  (těžká voda).
- 6. Zredukujte pentan-2-on a) Clemmensenovou b) Kižněr Wolffovou redukcí.
- 7. Znázorněte reakčním schématem přípravu ethanu z kyseliny propanové (z její sodné soli).
- 8. Pomocí Wurtzovy syntézy připravte a) hexan b) cyklohexan c) cyklopropan. Který z těchto dvou cyklických uhlovodíků bude vznikat nejjednodušší?
- 9. Sestavte pořadí těchto uhlovodíků podle bodu varu:

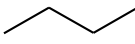
A:



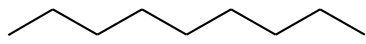
1



2

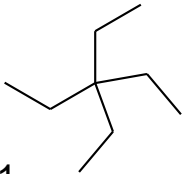


3

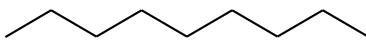


4

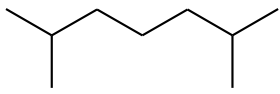
B:



1

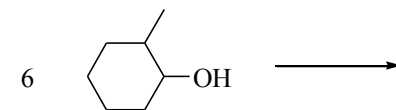
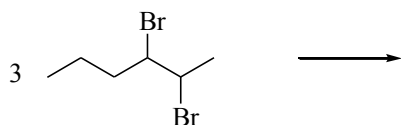
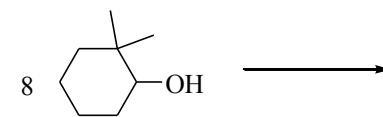
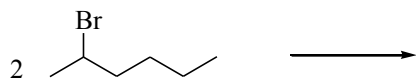
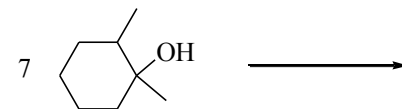
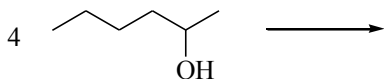
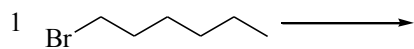


2



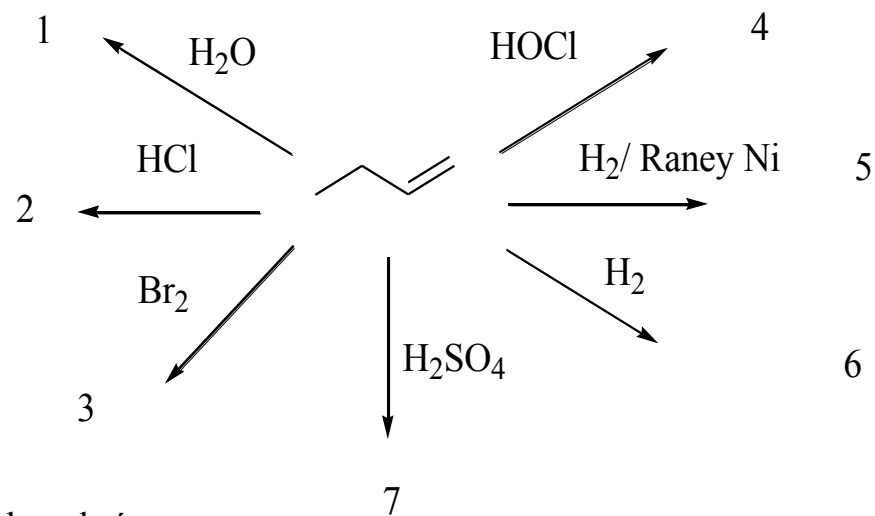
3

10. Znázorněte chemickou rovnici hoření a) methanu b) propanu c) butanu v nadbytku kyslíku a rovnicí vyčíslete.
11. Jaké produkty lze očekávat při hoření methanu v nedostatku kyslíku.
12. Průmyslově se používají radikálové reakce zejména při halogenacích uhlovodíků . Znázorněte reakčním schématem za použití vhodného halogenu halogenaci a ) 2,2-dimethylpropanu b) 2,2-dimethylbutanu c) butanu. Kolik možných monohalogenovaných derivátů můžeme získat?
13. Sulfochlorace, následné hydrolýze a tvorbě soli se používá k výrobě některých typů detergentů (látky snižující povrchové napětí dvou nemísitelných soustav). Znázorněte tuto reakční sekvenci s dodekanem na uhlíku č.1.
14. Srovnajte teplotu tání a) pentanu a pentenu b) hexanu a hexenu. Vysvětlete rozdíly
15. Eliminačními reakcemi připravte příslušný alken z těchto sloučenin: Doplňte produkty a příslušné reaktanty.

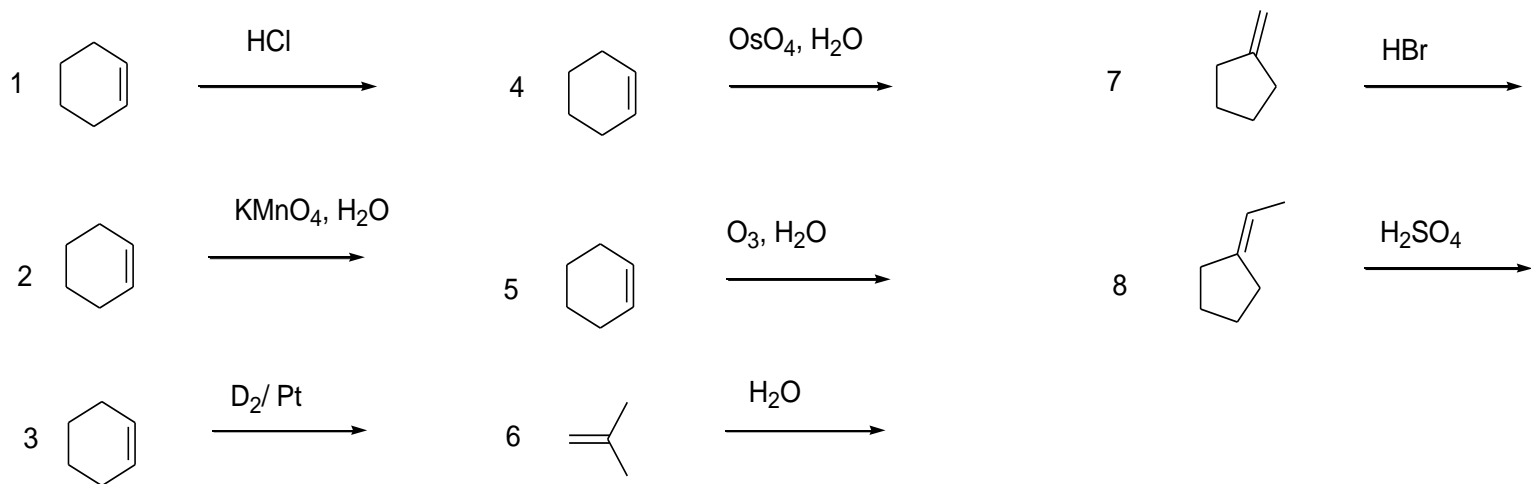


16. Pomocí Wittigovy metody připravte a) 2,3-dimethylbut-2-en b) 1-(2-methylprop-1-en-1-yl)benzen.
17. Na principu aldolové kondenzace připravte tyto nenasycené sloučeniny a) 3-fenylprop-2-enitril b) 2,3-dimethylbut-2-enovou kyselinu

18. Doplňte produkty reakce:



19. Doplňte produkty následujících reakcí:



20. Co vznikne ozonolýzou a následnou hydrolýzou vzniklého meziprojektu a) 3-methylbutenu b) propylidencyklohexanu? Znázorněte reakčním schématem.
21. Ozonolýzou látky **A** vznikl formaldehyd a pentan-2-on. Co je výchozí látka **A**?
22. Co vznikne hydroborací butenu a následnou oxidací aduktu peroxidem vodíku.
23. Z bromcyklohexanu připravte 1,2-dibromcyklohexan.
24. Z ethanolu připravte ethan-1,2-diol.
25. Z 1-chlorbutanu připravte 2-chlorbutan.
26. Jakým způsobem lze z but-1-ynu připravit a) but-1-en b) but-2-en.
27. Schématicky naznačte výrobu polyethylenu radikálovým polyadičním mechanismem.
28. Kterými chemickými reakcemi rozlišíme krakovaný benzín od normálně destilovaného.
29. Jak se ztužují roztlinné oleje na margaríny? Uveďte mechanismus reakce a vysvětlete důvod a důsledek tohoto zpracování.