

## MO 25 STRUKTURA A VLASTNOSTI LÁTEK

- 1) Vliv chemické vazby na vlastnosti látek:
  - a. iontová vazba a vlastnosti iontových sloučenin.
  - b. vlastnosti látek složených z atomů (atomové krystaly).
  - c. vlastnosti látek složených z molekul (molekulové krystaly).
  - d. vliv vodíkových vazeb na vlastnosti látek.
- 2) Zákonitosti ve struktuře a vlastnostech prvků a jejich sloučenin ve skupinách a periodách.
- 3) Izomerie organických sloučenin.

### VLIV CHEMICKÉ VAZBY NA VLASTNOSTI LÁTEK

- kovalentní nepolární vazba
  - I<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>
  - látky nerozpustné ve vodě
  - rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (benzín, benzen, toluen, CS<sub>2</sub>)
  - nevedou el. proud
- kovalentní polární
  - H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, HF
  - rozpustné ve vodě a jiných. pol. rozpouštědlech
  - nerozpustné v nepolárních rozpouštědlech
  - vedou el. proud
- (kovalentní) iontová vazba
  - rozpouští se v polárních rozpouštědlech (ve vodě)
  - nerozpouští se v nepolárních rozpouštědlech (v benzínu, toluenu)
  - v tavenině či roztoku vedou el. proud
- kovová vazba
  - Fe, Cr
  - vedou el. proud a teplo
  - kujné, tažné

### IONTOVÁ VAZBA

#### elektronegativita

- schopnost atomu prvku **přitahovat si elektrony vazebného elektronového páru**
- v periodě hodnota zleva doprava **roste**
- ve skupině hodnota **klesá** se vzrůstajícím Z
- **nejvyšší** hodnotu X má F (fluor)
- **nejnižší** hodnotu mají alkalické kovy (Cs)
- hodnoty v PSP se mohou lišit, neboť existuje několik způsobů, jak hodnotu X určit
- nejpoužívanější **L. Pauling**
- opakem **elektropozitivita** (vysoká hodnota: alkalické kovy)

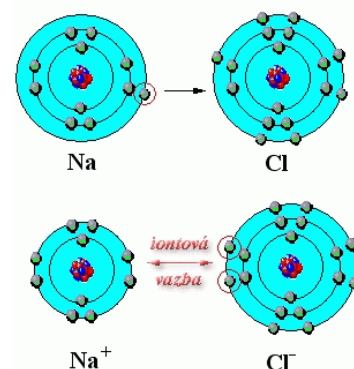
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107

polarita (kovalentní) vazby

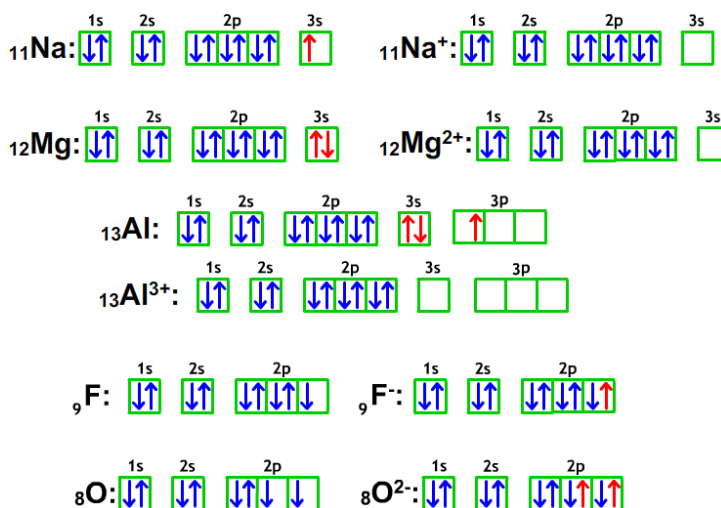
- vzniká u vazby, kde se vazební partneři liší svou elektronegativitou
- určuje se z rozdílu elektronegativit

extrémně polární - iontová vazba

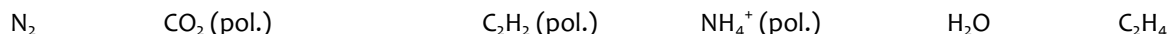
- vzniká mezi atomy, které se výrazně liší elektronegativitou
- $\Delta X > 1,7$
- nedochází ke sdílení VEP!!!
- elektronegativnější partner si vtáhl val.e svého partnera do své valenční vrstvy, stal se tedy aniontem (má elektronový oktet)
- vznik **iontů**, mezi kterými působí elektrostatické síly
- čistě iontová vazba neexistuje (xčistě kovalentí vazba existuje – mezi atomy téhož prvku)
- $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{NaCl}$



Přehled elektronových konfigurací vybraných iontů



CV: Určete typ vazby a počet a druh vazeb ( $\rho$ ,  $\pi$ ):



CV: Rozdělte následující molekuly sloučenin do 3 skupin podle typu vazby:  $\text{N}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{HCl}$ .

KRYSTALY

krystalové struktury

- mají velký a proměnlivý počet částic
- krystaly, jež obsahují atomy,

   které obsahují **ionty**, které se vážou iontovou vazbou ( $\text{NaCl}$ ), se označují **iontové**

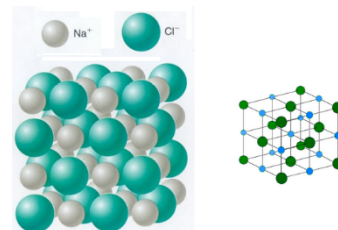
   které se vážou **kovalentní vazbou** (diamant), se označují **atomové**

   které obsahují **ionty kovů**, které se váží kovovou vazbou ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Fe}$ ), se označují **kovové**

- jako **krystalické látky** se označují pevné látky, které mají stále a pravidelné uspořádání částic (atomů, molekul, iontů), čili krystalovou strukturu
- tyto látky vytvářejí souměrná tělesa nazývané **krystaly**
- podle **s o u m ě r n o s t i** rozdělujeme krystaly do **7 krystalových soustav**: krychlové, čtverečné, kosočtverečné, šesterečné, jednoklonné, trojklonné a klencové
- z hlediska **ch e m i c k é h o** je ovšem významnější dělení krystalů podle typu vazby, kterou jsou v nich částice poutány
- látky bez pravidelné vnitřní struktury se nazývají **amorfní**

### iontové krystaly

- **elektrostatické síly**
- struktura je tvořena z pravidelně uspořádaných iontů
- v mřížce se pravidelně střídají kationty a anionty poutané **iontovou vazbou**
- vzorce těchto látek udávají poměr iontů v krystalu, jedná se pouze o vzorce stechiometrické
- **NaCl** (každý kation obklopen 6 anionty a naopak)
- **KCl**
- **CaCl<sub>2</sub>** (každý kation obklopen 8 anionty a naopak)

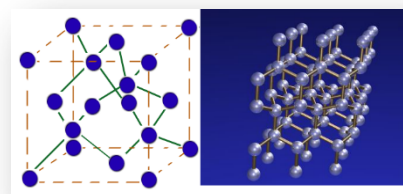


### vlastnosti

- látky s iontovými krystaly jsou **pevné**
- **křehké** – nárazem dojde k mech. deformaci → stejně nabití ionty se přiblíží → odpudivé síly → rozpad krystalu
- mají **vysoké body tání** a **varu** (nutno dodat velké mn. E ke zrušení iontové vazby; 600-2 000°C)
- jsou **rozpuštěné ve vodě**
- nerozpustné v nepolárních rozpouštědlech
- v **pevném** stavu **nevedou** elektrický proud, zatímco v **roztoku** a v tavenině **ano**
- příkladem jsou halogenidy a oxidy prvků 1. a 2. skupiny PSP, nejznámější je NaCl (viz obr.)
- ve vodě dochází k hydrataci iontů = hydratační obal

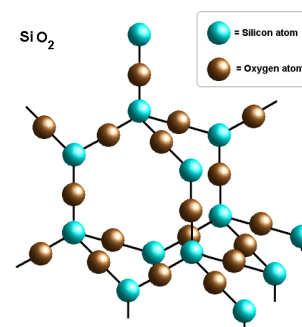
### atomové (kovalentní) krystaly

- jsou tvořené **kovalentně** vázanými atomy
- příkladem je **diamant**, kde je každý atom uhlíku spojen se čtyřmi dalšími atomy (viz obr.), nebo **křemen SiO<sub>2</sub>**, kde je každý atom křemíku spojen se čtyřmi atomy kyslíku a každý atom kyslíku se dvěma atomy křemíku (také v tomto případě je vzorec SiO<sub>2</sub> pouze stechiometrický)
- jedná se o **tvrdé pevné látky** (diamant, SiC – řezání)
- látky s **vysokými teplotami tání** a **varu**
- jsou nerozpustné v obvyklých rozpouštědlech a **nevedou el. proud**
- **SiC t<sub>t</sub> = 2 700°C; BN t<sub>t</sub> = 3 500°C**



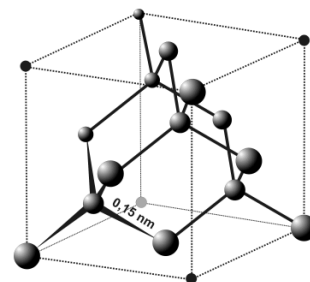
### SiO<sub>2</sub>

- křemen – klencová soustava
- **těžkotavitelný**
- **tvrdý**
- málo reaktivní
- **nejrozšířenější** nerost
- polymerní struktura – základem čtyřstěn SiO<sub>4</sub> - každý atom Si si poutá 4 atomy kyslíku (do vrcholu tetraedru)
- **Si + O<sub>2</sub> → SiO<sub>2</sub>**



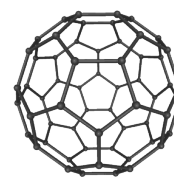
### diamant

- polymerní struktura
- uhlíkové atomy se vážou vzájemně 4 pevnými kovalentními vazbami – nejtvrďší přírodnína
- vysoký lesk
- nevodivý
- přírodní modifikace
- atomy blízko u sebe
- 1 atom **C je vázán se 4 dalšími** – míří do vrcholů **čtyřstěnu**
- čirý
- nejtvrďší nerost
- nerozpustný
- klenoty, řezání a vrtání skla
- lze připravit uměle



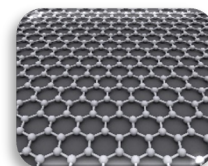
### fulleren

- je to **třetí modifikace** uhlíku, která byla připravena uměle zahříváním grafitové elektrody v elektrickém oblouku v prostředí helia
- atomy uhlíku uspořádanými do vrstvy z pěti- a šestiúhelníků s atomy ve vrcholech, která je prostorově svinuta do uzavřeného tvaru; př.:  $C_{36}$ ,  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{540}$  - mají tvar **mnohostěnu** např. molekula  $C_{60}$  svým tvarem připomíná  **fotbalový míč**  $C_{70}$  svým tvarem připomíná ragbyovou šišku
- jsou rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (benzen, toluen,  $CS_2$ ), v prostředí kyslíku jsou nestálé (uchovávají se v toluenu)
- do nitra fullerenu lze uzavřít atomy, ionty, molekuly za vytvoření **fuleritů** (lze i nahradit některé atomy uhlíku jinými atomy – např.  $K_3C_{60}$  je supravodivý)



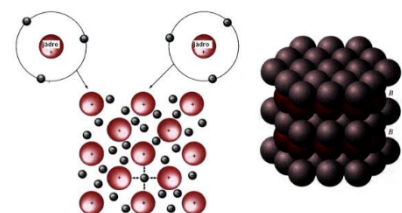
### grafen

- forma uhlíku strukturou podobná grafitu představující nejpevnější známý materiál na světě
- kromě elektrické **vodivosti** je také grafen propustný pro světlo, takže se dá využít při výrobě  **displejů a fotovoltaických článků**



### kovové krystaly

- pravidelná prostorová mřížka
- každý atom je obklopen tolika nejbližšími sousedy, že není možné vytvoření lokalizované vazby (atom **Na: 1 elektron a 8 sousedních atomů!!!**)
- chování elektronů se podobá chování částic plynu = val.  $e^-$  se říká **elektronový plyn**
- struktura je daná přítomností kovové vazby
- jedná se o látky většinou pevné (výjimkou je rtuť) s velkým rozpětím hustot i teplot tání a varu
- společnými vlastnostmi je elektrická i tepelná vodivost, tažnost, kujnost



### molekulové krystaly

- jsou složeny z molekul navzájem poutaných slabými vazebnými interakcemi

- van der Waalsovými vazbami ( $\uparrow X$  + volný el. pár)
- popř. vodíkovými můstky

- tyto krystaly tvoří molekuly:

**plynných** prvků ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$  ..., vzácné plyny)  
 jednoduché oxidy ( $CO_2$ ,  $NO$ , ...)  
 hydridy ( $H_2O$ ,  $HF$  – v.m.)

P<sub>4</sub>, S<sub>8</sub> - v.d.W.  
 NH<sub>3</sub> - v.m.  
 organické látky  
 sacharidy nebo bílkoviny

- **voda je hydrid** – mezi atomy H a O jsou kovalentní (polární) vazby, mezi molekulami vody jsou vodíkové můstky
- vzácné plyny – krystaly tvořené atomy - **jednoatomové molekuly** - poutanými v.d.W.s.v.i.
- u molekul obdobného složení se se **zvýšující se molekulovou hmotností** zvyšuje  $t_v$  (He má nejnižší)

vlastnosti

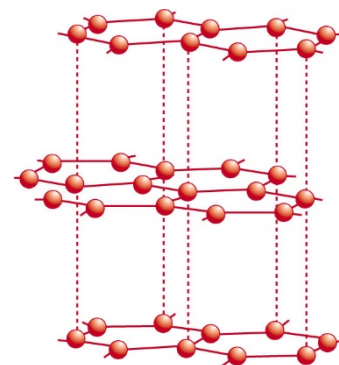
- kapalné, plynné
- tyto látky se často vyznačují **těkavostí a nízkou teplotou tání** (roste s M)
- nepolární l. - jsou nevodivé a rozp. v nepol. rozpouštědlech
- polární l. - nevodivé se rozp. v pol. Rozpouštědlech a vznikají vodivé roztoky ( $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ )

### vrstevnaté krystaly

- přechod mezi atomovými a molekulovými krystaly

tuha (grafit)

- přírodní modifikace, stálý
- atomy ve vrstvách blízko u sebe (spojeny pevnými vazbami)
- **1 atom C vázán se 3 dalšími**
- jednotlivé vrstvy (uspořádány do 6ti úhelníků – **hexagonální** struktura) jsou spojeny slabými silami (van der Waalsovými)
- nejměkčí nerost – otírá se = zbavuje se vrstev a porušují se v.d.W.i
- šedočerný
- křehký
- vede elektrický proud
- nerozpustný
- žáruvzdorná - tužky, tavící kelímky
- lze připravit uměle
- $t_t = 3\ 800^\circ\text{C}$



CV: Jaké typy vazeb existují v krystalech Ar, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NaCl, SiO<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>?

### amorfní látky

- pevné l. mohou mít i **nepravidelné** uspořádání základních částic
- sklo, opál
- chovají se jako ztuhlé kapaliny, jejichž molekuly se přestaly pohybovat dříve, než se stačily pravidelně uspořádat

pojmy

### modifikace

- více krystalových forem látky

### alotropie

- různé krystalové formy nebo modifikace liší se strukturou a tedy i vlastnostmi u prvků (C, S, P)

### polymorfie

- u sloučenin – stejné chem. složení, jiná krystalová soustava
- CaCO<sub>3</sub>: aragonit (perlet) – romboická soustava x klencový kalcit

## FOSFOR

### fyzikální vlastnosti

- 3 alotropické modifikace
- bílý, červený, černý

### b í l ý

- P<sub>4</sub> – tetraedry
- měkký - dá se krájet nožem
- TOXICKÝ
- samovznítelný – uchovává se pod vrstvou vody a rozpouští se v polárních rozpouštědlech (CS<sub>2</sub>)
- silně reaktivní (nejreaktivnější modifikace)
- páry fosforeskují - světélkuje
- páry se oxidují na P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



- páry se na vzduchu oxidují - žlutá fluorescence
- využívá se na výrobu zápalek a signální munice, hubení krys

### č e r v e n ý

- P<sub>n</sub> – lineární; amorfní
- není toxický, ale může být znečištěn stopami bílého fosforu
- tvrdý
- málo reaktivní, na vzduchu stálý
- vyrábí se zahříváním bílého fosforu v inertní atmosféře (bez přístupu vzduchu) na teplotu okolo 300 °C
- škrtačka krabičky sirek (červený se teplem mění na bílý a ten se samovznítí), na hlavičce KClO<sub>3</sub>

### č e r n ý

- P<sub>n</sub> – prostorový, vrstevnatá struktura
- kovový fosfor
- nejméně reaktivní
- tepelně i elektricky vodivý
- netoxický
- nerozpustný ve vodě ani v organických rozpouštědlech

## UHLÍK

- viz MO 8 p<sup>2</sup> prvky
- grafit
- diamant
- fullereny
- grafen

## SÍRA

- viz MO 6 p<sup>4</sup> prvky
- kosočtverečná soustava (normální podmínky)
- jednoklonná soustav (zvýšená teplota)
  - plastická síra – prudké chlazení taveniny S
  - sírný květ – vzniká ochlazením par

## KŘEMÍK

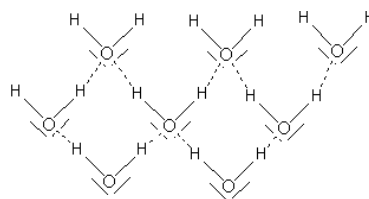
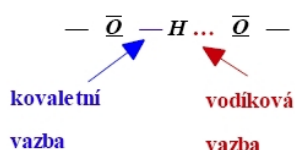
- **opál** – částečně vykrystalizovaný koloidní hydratovaný oxid křemičitý

3 základní modifikace:



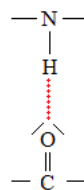
## VODÍKOVÉ MŮSTKY

- 10x – 50x slabší než chem. vazba – silnější než v.d.W.s.v.i.
- vzniká mezi molekulami, ve kterých je vodík, jež se váže na silně elektronegativní prvek (F, O, N) a volným elektronovým párem (F, O, N)
- zvyšuje se teplota varu a tání



CV: zakreslete vodíkové můstky mezi dvěma molekulami vody:

- vodíkové můstky se mohou vyskytovat i v rámci **jedné molekuly**
- např. bílkoviny ve svých řetězcích obsahují skupiny –NH– (vodík s kladným parc. nábojem) a –CO– (volné el. páry)
- mezi těmito skupinami se tvoří vodíkové můstky, které dávají řetězci tvar a zajišťují správnou funkci bílkoviny



CV: Vyberte látky, mezi jejichž molekulami mohou existovat vodíkové můstky: a) HCOOH b) CH<sub>4</sub> c) HF d) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH e) CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>

CV:

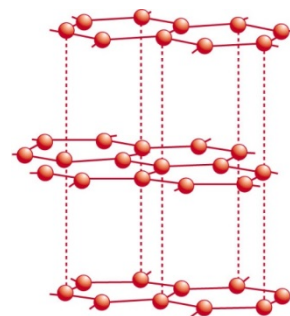
Jakým způsobem ovlivňuje vazba vodíkovým můstkem body varu látek? Lze předpokládat vyšší bod varu u vody nebo u tellanu (H<sub>2</sub>Te)? Svě tvrzení zdůvodněte.

Které z uvedených látek mají předpoklady pro vznik vodíkových můstků? a) kyselina octová b) methanol c) methan d) fluorovodík e) tetrachlormethan f) voda H<sub>2</sub>O

Ethanol a dimethylether jsou tzv. konstituční izomery, t.j. látky se stejným sumárním vzorcem (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O), ale různou strukturou molekul. Vysvětlete rozdíl v bodech varu těchto sloučenin: dimethylether -24 °C, ethanol +78 °C.

### VAN DER WAALSOVY SÍLY

- působí mezi všemi částicemi
- asi 100x – 1 000x slabší, než chemická vazba
- interakce mezi **dipóly**
  - silnější (permanentní – trvalá (HCl – polární))
  - slabší (okamžité (dočasné) (N<sub>2</sub> – nepolární))
- molekuly, kde působí tyto síly jsou většinou plyny
- čím vyšší molekulová hmotnost, tím vyšší bod varu
- vrstevnatá struktura **grafitu** ⇒ viz obr. (tuha se **otírá** při rušení v.d.W.s.v.i.)



CV: CO<sub>2</sub> sublimuje při teplotě -78,5 °C a SiO<sub>2</sub> taje při teplotě 1700 °C. Oba údaje se vztahují na normální tlak. Pokuste se tento rozdíl v chování vysvětlit rozdílnou strukturou těchto látek.

CV: Porovnejte hodnoty teplot varu prvků VIII.A skupiny:

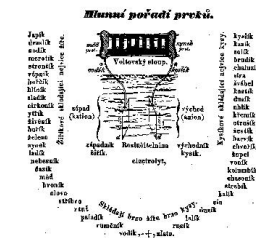
He	Ne	Ar	Kr	Xe	Ra	Ununoctium
-268, 93	-246, 06	-185, 86	153, 35	-108, 13	-62	50-110

(He, nemá trojný bod. T, souvisí s atomovou hmotností.)

## ZÁKONITOSTI ve struktuře a vlastnostech PRVKŮ a jejich SLOUČENIN ve SKUPINÁCH a PERIODÁCH

PSP

- grafické znázornění periodického zákona
- D. I. .... (1869) ⇨



### periodický zákon

- fyzikální a ..... vlastnosti prvků jsou ..... závislé na .....
- číslo

### číslo skupiny

- udává .....
- udává max. .... číslo (u s + p – prvků) př.:

### číslo periody

- udává počet vrstev .....; nabývá hodnot:
- souhlasí s ..... kvantovým číslem

a) 7 vodorovných řad = .....

b) prvky jsou umístěny v ..... svislých skupinách  
nebo

**I.A – VIII.A., I.B – VIII.B**

nebo

**1 – 18** (VIII.B. skupina obsahuje skupiny 3)

c) **všité názvy**

- I.A. – ..... kovy
- II.A. – ..... alkalických zemin
- VI.A – ..... (gekonychal)
- VII.A. – ..... (gynoleha)
- VIII.A. – .....

d) bloky

- s**
- ..... – prvky
  - valenčními elektrony zaplňují orbitály ..... (n = číslo periody)
  - I.A – II.A. skupina

- p**
- ..... – prvky
  - zaplňují svými val. e. orbitály ..... a .....
  - III. .... – VIII. .... skupina

**s + p** – prvky jsou **nepřechodné** = počet val.e. = číslo skupiny

- d**
- oproti **s a p** prvkům se řadí mezi ..... prvky
  - až od ..... periody
  - val.e. zaplňují orbitály ns (n-1)d
  - III.B. – II.B.
  - resp. I.B. – VIII.B, tedy    přechodných řad
  - VIII.B. zahrnuje 3 triády
    - triáda ..... (Fe, Co, Ni)
    - lehké platinové kovy (Ru, ....., .....
    - těžké platinové kovy (Os, ....., .....

- f**
- vnitřně přechodné
  - prvky za lanthanem – .....oidy
  - prvky za aktiniem - .....oidy

vlastnosti prvků

atomový poloměr – velikost atomu:

### Mnemotechnické pomůcky:

Vyznačte v říkankách prvky daných skupin

**I.A:** Helenu Líbal Na Kolena Robustní Cestář Franz

**II.A:** Běžela Magda Caňonem, Srážela Banány Ramenem

**III.A:** Bláznivý Alojz Galošem Indiány Tloukl

**IV.A:** Co Si Gertrudo Snědla - Olovo

**V.A:** Náš Pan Asistent Sbaštil Bismut

**VI.A:** Ó Slečno, Sejměte Těž Podkolenku

**VII.A:** Fousatý Chlap Brousil Ivaně Anténu

**VIII.A:** Hezký Nevěrný Arnošt Krátí Xénii Ráno

**Lanthanoidy:** Laciné Ceny Prasat Nedovolily  
Prométheovi Sméstí Europu, Když Théby Dýchaly  
Horkou Erotickou Tmou Ybišku Lučního

**Aktinoidy:** Aktivita Theodorových Pazourů Urážela  
Nepůvabnou Pubertální Američanku Cumlající Brčkem  
Cafe Espresso s Famózním Mládencem Novákem  
Lorenzem



- ve skupině ↓ se zvětšuje, v periodě → zmenšuje (největší atom Fr)
- souvisí s E (ion. e.) – čím větší atom ⇒ jsou val. e. dále od jádra ⇒ poutány menší silou ⇒ nutno méně energie k odtržení elektronu
- souvisí s tvorbou **iontů** (viz redox. vl.)

ionizační energie:

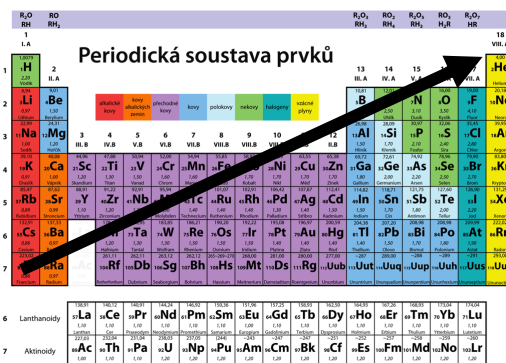
elektronová afinita:

elektronegativita:

v periodě s rostoucím Z roste, ve skupině klesá (nejvyšší F)

redoxní účinky:

- v periodě → se snižuje schopnost prvku tvořit kationty a roste schopnost tvořit anionty (souvisí s *elneg*), s<sup>1,2</sup> prvky snáze tvoří kationty (jsou to kovy)



acidobazické vlastnosti:

oxidy

- kyselinotvorné – p prvky
- zásadotvorné – s prvky
- inertní – CO, N<sub>2</sub>O
- amfoterní – Al, Si, Be

**II. skupina**

- Be amfoterní oxidy
- Mg slabě zásadité oxidy
- Ba silně zásadité oxidy

**3. perioda**

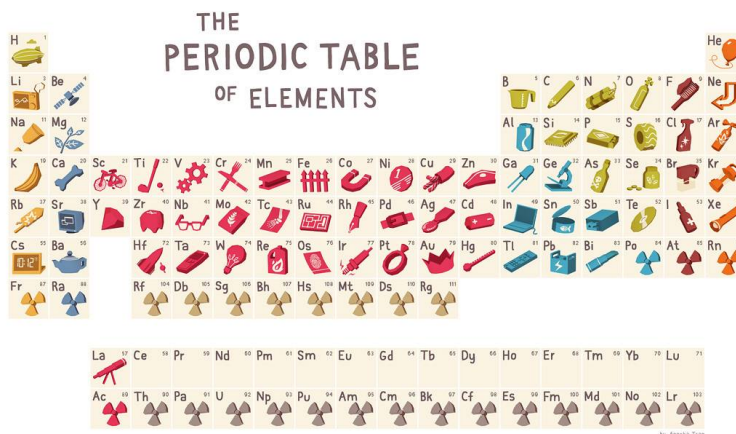
- Na zásadotvorné oxidy
- Al amfoterní oxidy
- S kyselinotvorné oxidy (kovalentní)

- zvyšuje se kyselinotvorný charakter oxidu se zvyšujícím se ox. č. MnO (z), MnO<sub>2</sub> (a), Mn<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (k)

kovový charakter:

- v periodě → klesá, ve skupině ↓ roste

oxidační čísla prvků (max. kladná a max. záporná):

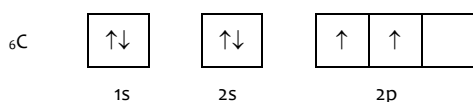


CV: Jak se mění zásaditost oxidů prvků třetí periody směrem doprava?

CV: Porovnejte vlastnosti oxidu sodného a oxidu siřičitého?

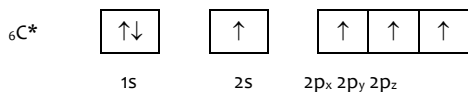
STRUKTURA ORGANICKÝCH SLOUČENIN (vsuvka)

VAZNOST ATOMU UHLÍKU



- protože atom uhlíku má pouze dva neúplně obsazené orbitály, měl by tvořit pouze dvě kovalentní vazby
- bylo zjištěno, že nejjednodušší sloučenina – methan – obsahuje čtyři vazby → je tedy nutné aby atom uhlíku v okamžiku vzniku vazby obsahoval čtyři nepárové elektrony

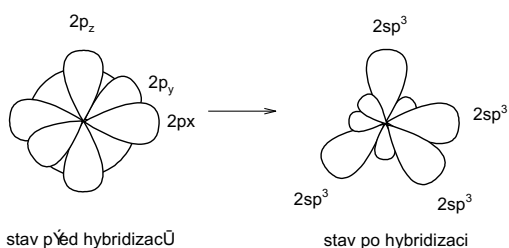
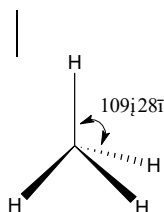
to lze vysvětlit excitovaným stavem po dodání energie



- zjistilo se, že všechny čtyři vazby v molekule methanu jsou naprosto rovnocenné
- pro vznik rovnocenných vazeb je zapotřebí, aby orbitály 2s a 2p měli stejnou energii
- to se děje při reakcích atomu uhlíku s jinými atomy
- tento jev se označuje jako hybridizace

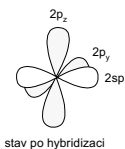
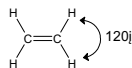
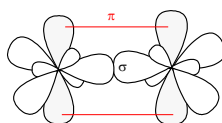
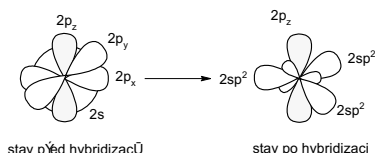
### 1. hybridizace $sp^3$

- vznik čtyř naprosto rovnocenných hybridních orbitalů  $sp^3$  spojením jednoho orbitalu s a tří orbitalů p



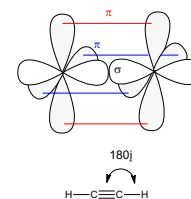
### 2. hybridizace $sp^2$ (trigonální)

- vznik tří naprosto rovnocenných hybridních orbitalů  $sp^2$  spojením jednoho orbitalu s a dvou orbitalů p
- tento typ se vyskytuje u dvojných vazeb



### 3. hybridizace $sp$ (diagonální)

- vznik dvou naprosto rovnocenných hybridních orbitalů  $sp$  spojením jednoho orbitalu s a jednoho orbitalu p
- tento typ se vyskytuje u trojných vazeb



Přehled hybridních stavů:

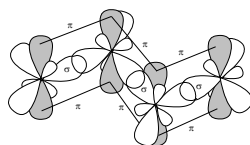
vazba	typ hybridizace	typ	vazebný úhel	typy vazeb
jednoduchá	$sp^3$	tetragonální	$109^\circ 28'$	$\sigma$
dvojná	$sp^2$	trigonální	$120^\circ$	$\sigma + \pi$
trojná	$sp$	diagonální	$180^\circ$	$\sigma + \pi + \pi$

KONJUGOVANÝ A AROMATICKÝ STAV

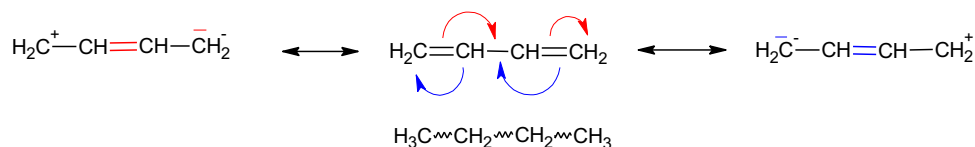
- vlastnosti uhlovodíků, které ve svých řetězcích obsahují větší množství násobných vazeb, jsou značně závislé na vzájemné poloze těchto vazeb, která může být trojí:
  - konjugované – pravidelné střídání jednoduchých a násobných (většinou dvojných) vazeb  
 $-C=C-C=C-C-$
  - kumulované – násobné vazby vychází z téhož atomu  
 $-C=C=C-C-C-$
  - izolované – násobné vazby jsou oddělené dvěma nebo více jednoduchými vazbami  
 $-C=C-C-C=C-$
- porovnáním délek jednoduchých a dvojných vazeb u konjugovaných a izolovaných systémů bylo zjištěno, že v konjugovaných systémech jsou délky dvojných vazeb větší a naopak vazby jednoduché jsou kratší než v systémech izolovaných a jejich délka je téměř stejná

vysvětlení:

- v konjugovaných systémech např.  $-C=C-C=C-$  dochází k částečnému přemísťování elektronů z oblasti násobných vazeb do oblasti jednoduchých vazeb
- elektrony = potom nejsou umístěny (lokalizovány) mezi dvojice atomů, ale jsou přítomny v orbitalech, prostírajících se po více atomech – *delokalizace elektronů*

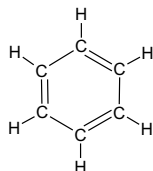


- rozložení vazeb v molekule nelze vyjadřovat běžnými vzorci
- těmi lze vyjádřit pouze krajní případy rozložení elektronů – tzv. rezonanční struktury

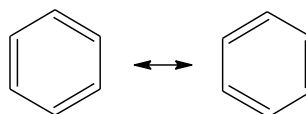


zvláštním typem konjugovaných systému je **aromatický systém**

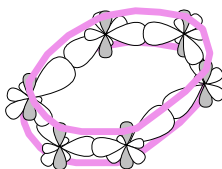
- vyskytuje se u cyklických sloučenin – aromatické sloučeniny – **areny**
- nejjednodušším zástupcem je **benzen**
- jeho strukturu vysvětlil August Kekulé roku 1869 vzorcem



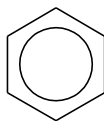
- bylo ovšem zjištěno, že všechny vazby, kterými jsou atomy uhlíku vzájemně vázány jsou naprosto rovnocenné, stejně dlouhé a molekula je mnohem stabilnější než lze teoreticky předpovědět
- skutečnou situaci lze vyjádřit pomocí dvou rezonančních struktur



- ale skutečnost je uprostřed (kůň ↔ mula ↔ osel)
- vysvětlením je opět **delokalizace elektronů  $\pi$**



- úplná delokalizace elektronu  $\pi$  se zapisuje tímto způsobem



### TYPY VZORCŮ

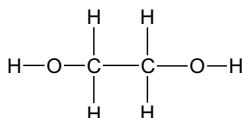
- Empirický** (stechiometrický) vzorec
  - vyjadřuje pouze typ atomů a jejich poměr v molekule



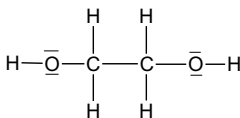
- Molekulový** vzorec
  - vyjadřuje skutečný počet atomů v molekule



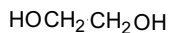
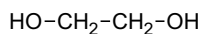
- Strukturní** vzorce
  - používají se vzhledem k nutnosti znát vnitřní uspořádání organických sloučenin
  - vyznačují i vazby v molekule



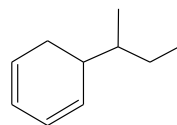
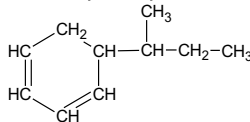
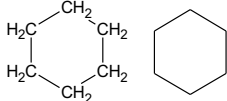
- Strukturní elektronové** vzorce
  - kromě vazebných elektronových párů zapisujeme i volné elektronové páry



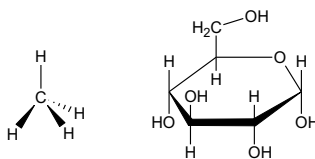
- Racionální** vzorce
  - u složitějších struktur provádíme zjednodušení tak, že běžná seskupení atomů shrnujeme do dohodnutých skupin (používají se nejčastěji)



- zápis často ještě více zjednodušujeme tak, že nezaznamenáváme do struktury atomy vodíku



- Geometrické** vzorce
  - používáme tehdy chceme-li znát prostorové upořádání



### IZOMERIE ORGANICKÝCH SLOUČENIN

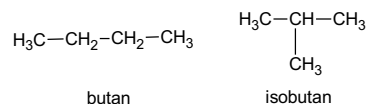
izomerie

- jev, kdy jednomu molekulovému vzorci odpovídá několik různých sloučenin lišících se povahou vazeb, jejich pořadím nebo jen prostorovým uspořádáním atomů
- takové sloučeniny jsou pak svými **izomery**.

1. **konstituční izomery** – sloučeniny lišící se povahou a pořadím atomů a vazeb v molekulách tzn. konstitucí

a) **řetězcové** – izomery se liší strukturou řetězce

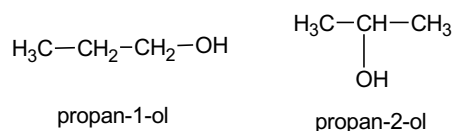
př.  $C_4H_{10}$



cvičení: pentan (3), hexan (5), heptan (9)

b) **polohové** – mají na uhlíkatém řetězci odlišným způsobem umístěný atom nebo skupiny atomů jiných prvků než uhlíku a vodíku

př.  $C_3H_7OH$



cvičení:  $C_4H_9Cl$

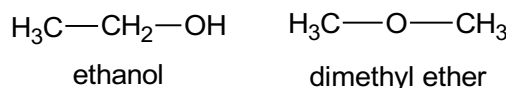
cvičení: kyselina ftalová a tereftalová (dikarboxylové kyseliny aromatické)

cvičení: 1-chlorpropan x 2-chlorpropan

cvičení: bu-1-en x but-2-en

c) **skupinové** – funkční - obsahují ve svých molekulách různé funkční skupiny (mají proto i značně odlišné chemické vlastnosti)

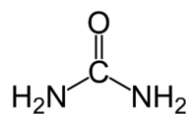
$C_2H_6O$



$CH_4N_2O$

$(NH_2)_2CO$

močovina = diamid kyseliny močové



$NH_4OCN$

kyanathan amonný

$NH_4NCO$

izokyanathan amonný

vzorci strukturní:

HOCN

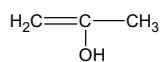
k. kyanatá

HNCO

k. izokyanatá

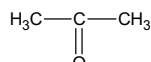
**tautomerie** – sloučeniny, které se vzájemně liší umístěním dvojně vazby a polohou jednoho atomu vodíku

př.  $C_3H_6O$



prop-1-en-2-ol

(enolforma)



acetone

(ketoforma)

př.  $C_2H_4O$

**vinylalkohol/ethenol**

**ethanal/acetaldehyd**

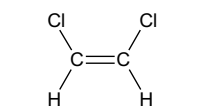
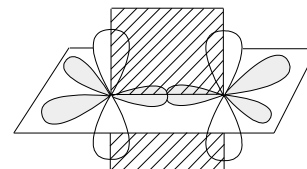
// **oxiran** (není tautomer, jen izomer)

- vinylalkohol **nestabilní** (nestabilní alkoholy = dvojná vazba na C, kt. nese -OH) = **ketoforma je stabilnější**
- oxiran **nestabilní** díky deformovanému vazebnému úhlu (cyklický ether) – pnutí, stačí malé mn. E. aby se linearizoval

2. **Konfigurační** – izomery, které mají stejný molekulový vzorec a stejnou konstituci, ale liší se tzv. konfigurací, tj. prostorovým uspořádáním atomů v molekulách - **stereoizomery**

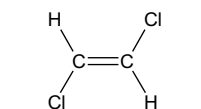
a) **Geometrické (Z-E; cis-trans)** - liší se konfigurací buď na dvojných vazbách nebo na cyklech

- vazba  $\pi$  zamezuje otáčení
- proto lze rozlišovat dva typy



(Z)-1,2-dichloroethylen

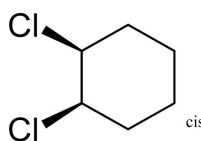
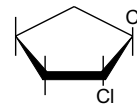
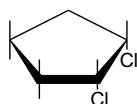
cis



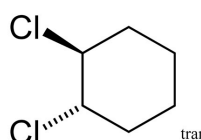
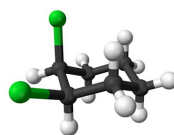
(E)-1,2-dichloroethylen

trans

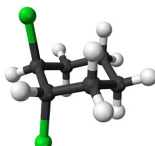
nebo



cis



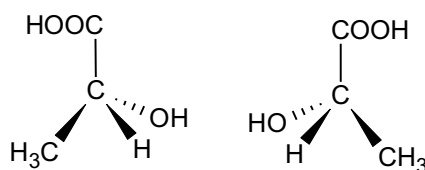
trans



CV: kyselina maleinová a fumarová (která může vytvářet anhydrit?)

### b) Optická izomerie

- optické izomery mají **schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla**
- optická aktivita látky může být způsobena přítomností **asymetrického – chirálního - atomu uhlíku C\*** (ten nese 4 různé substituenty)
- chiralita** – vzájemný vztah 2 předmětů, které jsou **zrcadlovými obrazy** a tedy **neztotožnitelné** natočením v prostoru



- jeden z izomerů stáčí rovinu polarizovaného světla **doleva (-)** druhý **doprava (+)** – polarimetr (přístroj na měření opt. otáčivosti)
- (jeden z izomerů se značí D a druhý L (dle orientace –OH skupiny na posledním C\*))
- jednotlivé izomery se označují jako **optické antipody – enantiomery**
- pokud jsou ve směsi přítomny oba izomery ve stejném množství (ekvimolární poměr 1:1) jeví se jako opticky neaktivní – **racemická směs**
- fyz. a chem. vl. jsou stejné, liší se v biologických vlastnostech
- anomery**
  - u sacharidů
  - dle orientace poloacetálového hydroxyly
  - α a β anomer (α)**

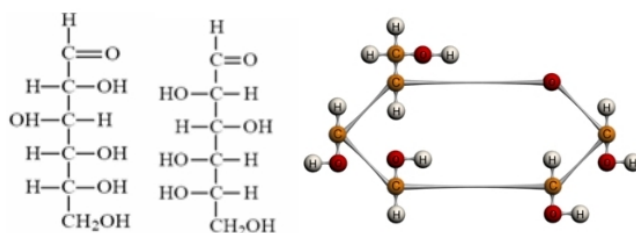
CV: Kyselina (+)-mléčná a (-)-mléčná (2-hydroxypropanová):

CV: Jakým typem izomerů jsou (+)-D-alanin a (-)-L-alanin? Jaký je jejich význam pro organismy.

CV: Proč nemůže α-amyláza štěpit molekuly celulózy?

- alfa-amyláza je trávicí enzym produkovaný slinnými žlázami a pankreatem při trávení sacharidů potravy
- hydrolyticky **štěpí α-1,4-glykosidové** vazby **škrobu, glykogenu** a podobných polysacharidů
- celulóza** (dříve běžně *celulosa*) je polysacharid sestávající z beta-glukózy
- glukózové jednotky jsou spojené **β-1,4-glykosidovou** vazbou a tvoří dlouhé, nerozvětvené řetězce, které jsou zcela nerozpustné ve vodě

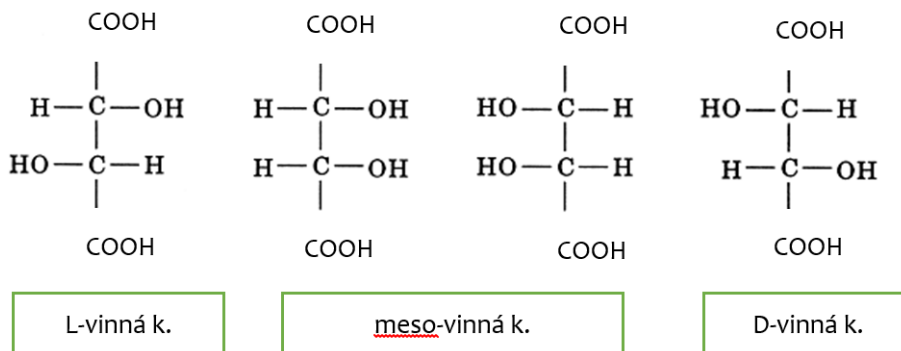
CV: D-(+) a L(-) glukóza



CV: D- a L-glyceraldehyd (2,3-dihydroxypropanal):

CV: kyselina vinná (*tartaric acid*) a mezovinná:

enantiomery:



- achirální i když mají stereogenní centra = meso-sloučeniny
- L. Pasteur na solích kyseliny vinné objevil chiralitu (bez informací o Kekulého strukturálních vzorcích)
- **k. vinná tvoří 4 stereoizomery** (2,3-dihydroxybutandiová)

opticky aktivní látky

- sloučeniny, jejichž molekuly **nemají prvek souměrnosti stáče**jí rovinu polarizovaného světla

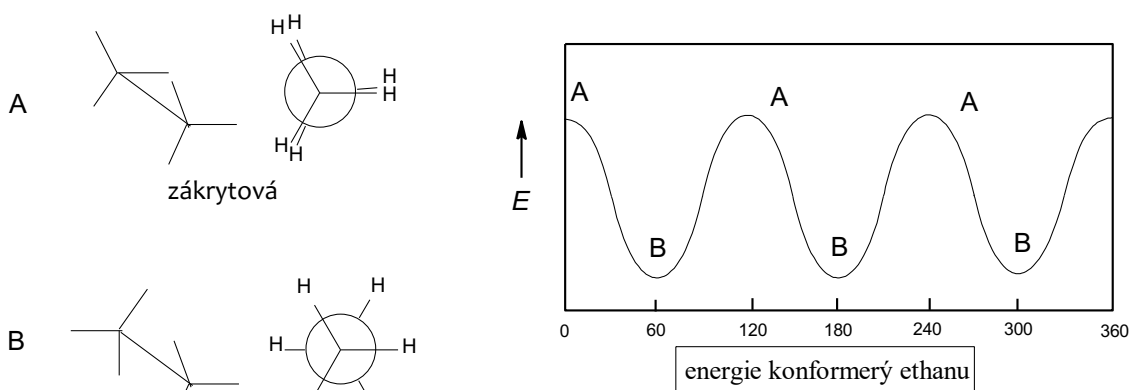
opticky neaktivní látky

- sloučeniny, jejichž molekuly **mají prvek souměrnosti nestáče**jí rovinu polarizovaného světla
  - cyklohexan (střed i rovina souměrnosti) strukturní vzorce:
  - 1,2-dibrommethan (s. i r. s.)
  - cyklopentan-3-on

c) **konformery**

- v necyklických molekulách v nichž jsou atomy poutány jednoduchou vazbou  $\sigma$  může docházet k otáčení atomů nebo skupin atomů kolem této jednoduché vazby
- jednotlivé molekuly se tak mohou lišit vzájemnou orientací substituentů spojených jednoduchou vazbou
- taková uspořádání se nazývají konformační – **konformery**

ethan

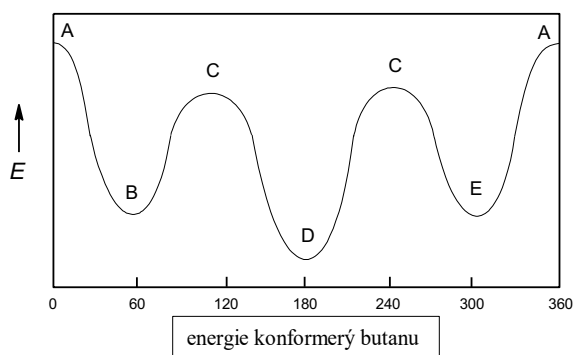
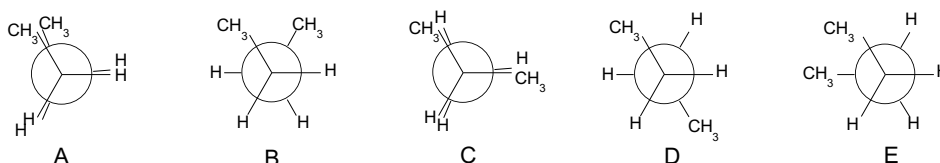




nezákrytová

- zastoupení jednotlivých konformací v souboru je závislé na teplotě
- se stoupající teplotou stoupá obsah energeticky bohatších konformery a naopak

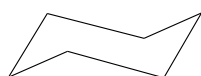
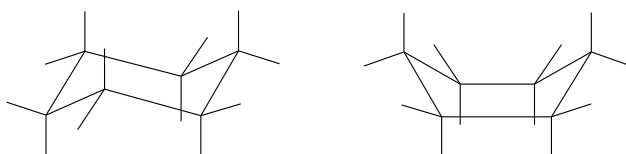
### butan



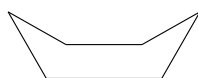
- *anti-periplanární uspořádání* – nezákrytová u butanu – jedna CH<sub>3</sub>- skupina je nad, druhá pod rovinou
- *anti-klinální uspořádání* – zákrytová u butanu - CH<sub>3</sub> – je v zákrytu s H-
- *syn-klinální uspořádání* – nezákrytová u butanu - CH<sub>3</sub>- skupiny jsou si co nejbliže
- *syn-periplanární uspořádání* – zákrytová u butanu - CH<sub>3</sub>- skupiny jsou v zákrytu

### cyklické sloučeniny

- u cyklických sloučenin s jednoduchými vazbami jsou také možná konformační uspořádání – např. cyklohexan



židličková



vaničková

- za normálních teplot převažuje židličková mající nižší energii

