

Milí studenti, milé studentky,

heterocyklické sloučeniny představují další důležitou a zajímavou oblast organické chemie. Patří mezi ně mimo jiné i báze vyskytující se ve dvoušroubovici nukleových kyselin, některé léky a alkaloidy.

Vzhůru do poznání!

## Heterocykly

Jako **Heterocyklické sloučeniny** nazýváme cyklické organické sloučeniny, které obsahují ve svém cyklu kromě atomů uhlíku též alespoň jeden atom jiného chemického prvku (nejčastěji N, O či S). Samotný kruh nazýváme **heterocyklus** a prvky jiné než uhlík pak **heteroatomy**.

Podle **počtu atomů v kruhu** pak heterocykly dělíme stejně jako cyklické sloučeniny na **tříčlenné, čtyřčlenné, pětičlenné, ...**, podle druhu heteroatomu na **kyslíkaté, sirné, dusíkaté**, atd. a podle **počtu dvojných vazeb** na **nasycené a nenasycené**, případně **aromatické**.

## Fyzikální vlastnosti

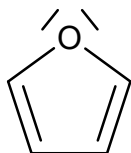
Obvykle jsou to **kapalné nebo krystalické látky** nepříjemného zápachu.

Mohou být s vodou dobře mísitelné (piperidin), omezeně mísitelné (pyrrol) až nemísitelné (thiofen).

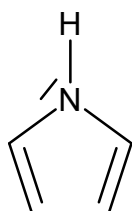
## Pětičlenné heterocykly s 1 heteroatomem

U pětičlenných cyklů jsou atomy uspořádány v **rovině** pětičlenného kruhu, do konjugace se zapojuje i volný elektronový pár heteroatomu (splněno **Hückelovo pravidlo pro počet  $\pi$  elektronů:  $4n + 2$** )  $\rightarrow$  vytvoří se **aromatický  $\pi$  elektronový systém** (podobně jako u benzenu), což **stabilizuje heterocyklus**.

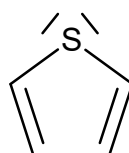
furan



pyrrol



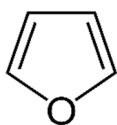
thiofen



- S rostoucí elektronegativitou heteroatomu klesá aromatický charakter.
- Thiofen má nejsilnější aromatický charakter,
- Kyslík a dusík ve *furanu* a *pyrrolu* jsou elektronegativnější, silněji poutají elektronový pár a stabilita heterocyklů je slabší.

## Příklady

- **Kyslíkaté**



**Furan:** ve vodě málo rozpustná, bezbarvá, vysoce těkává kapalina vonící podobně jako chloroform, s teplotou varu blízko pokojové teplotě; je toxický a může být karcinogenní.

Formálně se od něj odvozují názvy cyklických forem sacharidů nazývaných **furanosy**.

---

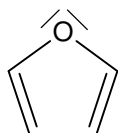
**Karcinogen** (též **kancerogen**) je jakákoliv chemická látka, biologické agens (např. virus), radionuklid nebo průmyslový proces, který způsobuje nebo napomáhá rakovinnému bujení buněk, které vede ke zvýšení rizika vzniku nádorů.

---

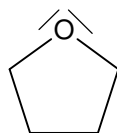
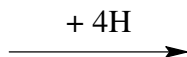


**Tetrahydrofuran** (běžně zkracovaný **THF**, systematicky **oxolan**) je nasycená pětičlenná kyslíkatá heterocyklická organická látka používaná jako polární rozpouštědlo. THF je běžně používán pro lepení PVC dílů.

Získává se katalytickou hydrogenací furanu.

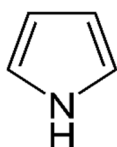


furan



tetrahydrofuran

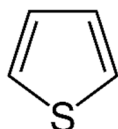
- **Dusíkaté**



**Pyrrol** (systematicky azol) je bezbarvá nepříjemně páchnoucí kapalina, nerozpustná ve vodě, toxická, na vzduchu hnědne, t.v. = 130 °C

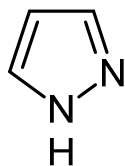
Vyskytuje se v černouhelném dehtu, v produktech suché destilace kostí, rohoviny. Je stavební jednotkou chlorofylu, hemoglobinu a bilirubinu). Kvůli zapojení elektronového páru dusíku do aromatického systému je jen slabě bazický.

- **Sírné**



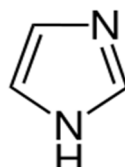
**Thiopen** je bezbarvá, ve vodě nerozpustná kapalina, má slabý benzenový zápach, i teplota varu 84 °C je podobná benzenu. Je to heterocyklická organická sloučenina se sumárním vzorcem C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>S. Její molekula sestává z planárního pětičlenného kruhu, který má aromatický charakter.

## Pětičlenné se 2 heteroatomy

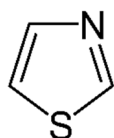


**Pyrazol** je bezbarvá, krystalická látka, špatně rozpustná ve vodě. Má větší bazicitu (zásaditost) než pyrrol, je méně aromatický.

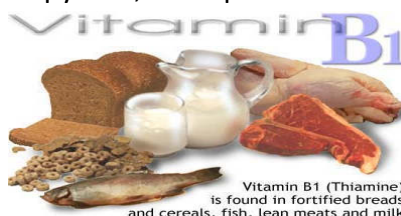
Pyrazol je součástí některých **antipyretik**, analgetik a léčiv s antirevmatickým účinkem.



**Imidazol** je dusíkatá aromatická heterocyklická sloučenina, je to krystalická, ve vodě rozpustná látka. Kruhový systém imidazolu je součástí důležitých biologických stavebních bloků, například aminokyseliny **histidinu** a příbuzného hormonu **histaminu**, který vzniká při alergiích.



**Thiazol** je kapalina páchnoucí podobně jako pyridin, nerozpustná ve vodě. Je součástí molekuly **vitaminu B<sub>1</sub>**.

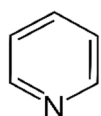


Tvoří složku léčiv:

- **sulfonamidy** – chemoterapeutika, léky proti infekci
- **peniciliny** – antibiotika

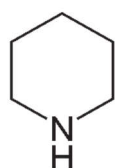
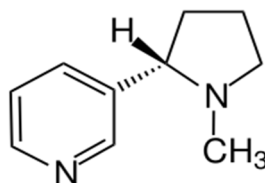
## Šestičlenné s 1 heteroatomem

U šestičlenných cyklů se **volný elektronový pár heteroatomu do konjugace nezapojuje**, což způsobuje jejich vyšší polární a zásaditý charakter.



**Pyridin** C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N je organická aromatická heterocyklická sloučenina uhlíku, vodíku a dusíku. Za normálních podmínek se jedná o charakteristicky zapáchající, bezbarvou, hořlavou **kapalinu mísitelnou s vodou a ethanolem**.

Je součástí alkaloidu **nikotinu** a **nikotinamidu (vit. B<sub>3</sub>)**.

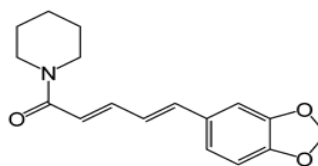


Úplnou hydrogenací za zvýšené teploty a katalýzy niklem vzniká **piperidin**.

Piperidin je bezbarvá dýmavá kapalina se zápachem popisovaným jako amoniakový či pepřový.<sup>[1]</sup> Název je právě odvozen od rodu *Piper*, latinsky „pepř“.

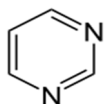
---

Poznámka: složkou pepře je **piperin**, vzorec:



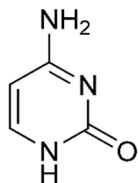
---

## Šestičlenné se 2 heteroatomy

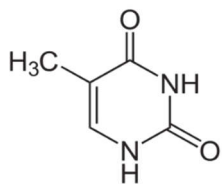


**Pyrimidin** je heterocyklická aromatická organická sloučenina podobná benzenu a pyridinu, obsahuje dva atomy dusíku na pozicích 1 a 3 v šestičlenném kruhu.

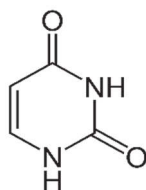
Tři nukleové báze nacházející se v nukleových kyselinách, jmenovitě **cytosin**, **thymin** a **uracil**, jsou jeho deriváty.



**Cytosin** vytváří komplementární pár s **guaninem**

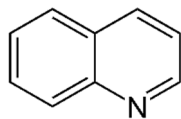


**Thymin** tvoří komplementární pár s **adeninem**.



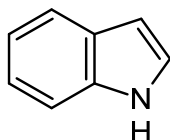
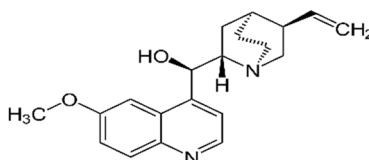
**Uracil** tvoří komplementární pár s **adeninem**.

## Dusíkaté heterocykly s kondenzovanými kruhy



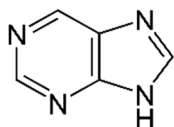
**Chinolin** je bezbarvá ostře páchnoucí kapalina, která časem účinkem světla žlutne až hnědne. Je špatně rozpustný ve studené vodě, ale přesto je mírně hygroskopický. Dobře se rozpouští v horké vodě a v organických rozpouštědlech.

Molekula chinolinu tvoří základ struktury chinolinových **alkaloidů**, např. **chinin** (antimalarikum)



**Indol** Je přítomen v lidských výkalech (vzniká bakteriálním rozkladem AK **tryptofanu** ve stolici), dává jim charakteristický zápach. V nižších koncentracích má květinovou vůni, využívá se i v parfumerii.

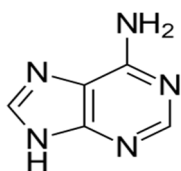
Je to také prekurzor mnoha farmaceutik a součást struktury indolových alkaloidů (strychnin, LSD).



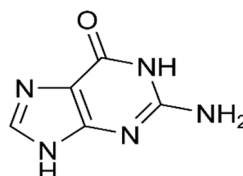
**Purin** je dusíkatá heterocyklická sloučenina tvořená kondenzovaným pyrimidinovým a imidazolovým kruhem. V čistém stavu je to krystalická, zásaditá látka. Jeho deriváty, zvané **puriny**, jsou biologicky významné látky, které jsou součástí nukleových kyselin i jiných látek klíčových pro život.

V nukleových kyselinách jsou hlavními purinovými bázemi

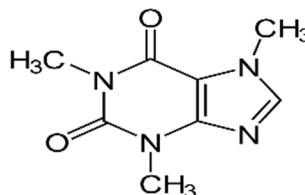
**adenin**



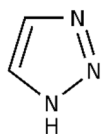
**a guanin.**



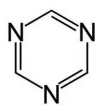
Také je součástí **kofeinu**.



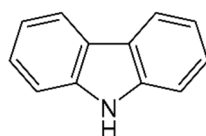
## Heterocykly – příklady (ostatní)



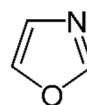
**Triazol**



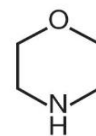
**Triazin**



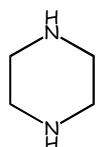
**Karbazol**



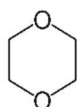
**Oxazol**



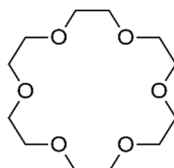
**Morfolin**



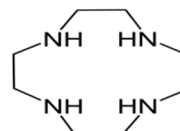
**Piperazin**



**Dioxan**



**18-crown-6**



**cyklen**

**Ještě on-line testík:**

[https://docs.google.com/forms/d/10mZvpGg5PSCinufFHNnnWeErPvdcfuUt4\\_xVuKxc81Q/edit](https://docs.google.com/forms/d/10mZvpGg5PSCinufFHNnnWeErPvdcfuUt4_xVuKxc81Q/edit)