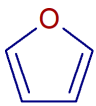
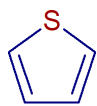
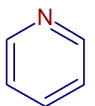
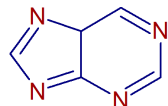
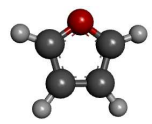
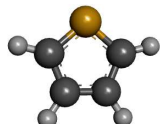
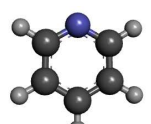
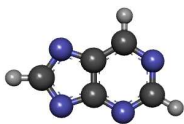


3.6 HETEROCYKLICKÉ SLOUČENINY

Organické sloučeniny, které obsahují ve svém **cyklu** na místo atomu uhlíku atom jiného chemického prvku (obvykle kyslíku O, síry S či dusíku N) se nazývají jako **heterocyklické**. V tabulce 3.11 jsou uvedeny příklady těchto sloučenin.

Atomy prvku odlišného od uhlíku, které jsou součástí cyklu, se nazývají jako **heteroatomy**.

Tab. 3.11 Vzorce, molekuly a názvy příkladů heterocyklických sloučenin

Strukturní vzorec				
Model molekuly				
Chemický název	furan	thiofen	pyridin	purin

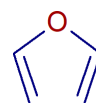
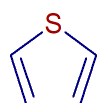
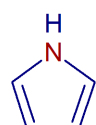
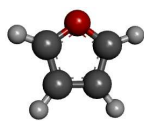
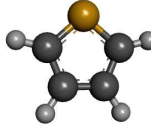
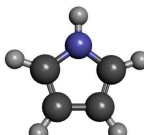
Mnohé heterocyklické sloučeniny jsou **aromatické**. Tyto sloučeniny vytváří základní skelet mnoha přírodních látek, alkaloidů, hormonů a dalších sloučenin. Pro heterocyklické sloučeniny se používají zpravidla **triviální názvy**. Jestliže obsahuje cyklus více heteroatomů, čísluje se dle priorit těchto atomů ve vzestupném pořadí od kyslíku O, přes síru S po dusík N.

Heterocyklické sloučeniny je možné klasifikovat podle počtu atomů cyklu a počtu přítomných heteroatomů, například na:

- Pětičlenné heterocyklické sloučeniny s jedním heteroatomem
- Pětičlenné heterocyklické sloučeniny s dvěma heteroatomy
- Šestičlenné heterocyklické sloučeniny s jedním heteroatomem
- Šestičlenné heterocyklické sloučeniny s dvěma heteroatomy
- Heterocyklické sloučeniny s dvěma kondenzovanými heterocykly

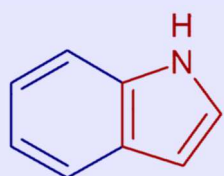
Pětičlenné heterocyklické sloučeniny s jedním heteroatomem

Nejvýznamnějšími sloučeninami této skupiny jsou furan, thiofen a pyrrol.

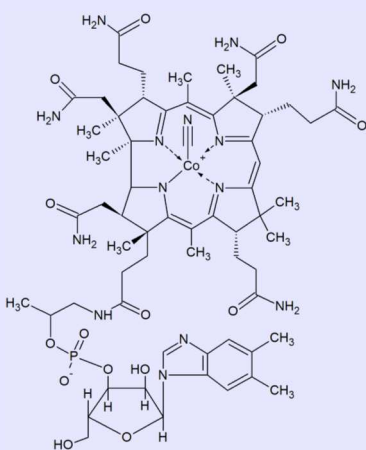
Strukturní vzorec			
Model molekuly			
Název sloučeniny	furan	thiofen	pyrrol

Podle **Hückelova pravidla** musí molekula aromatické sloučeniny obsahovat $4n+2$ π elektronů.

Substituenty se zpravidla nejvíce vážou do polohy *o*-.

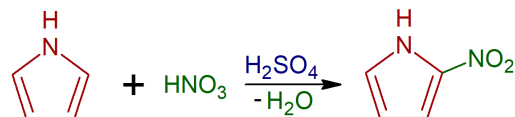
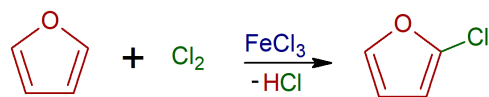


Struktura **indolu**

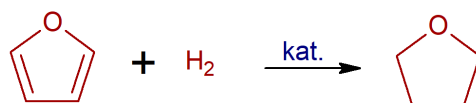


Molekula **kobalaminu**

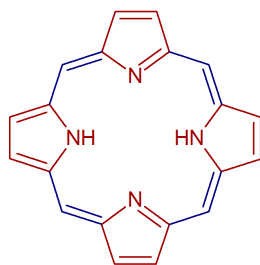
Furan, thiofen a pyrrol zapojují do konjugace své volné elektronové páry, a tak mohou splňovat **Hückelovo pravidlo**. Jelikož mají tyto sloučeniny aromatický charakter, mohou na nich probíhat elektrofilní substituce, například:



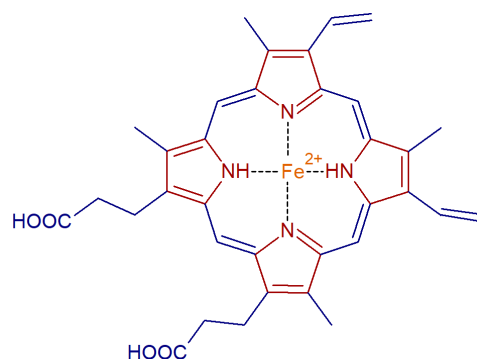
Katalytickou hydrogenací (adiční reakce) furanu lze připravit **tetrahydrofuran (THF)** používaný jako významné rozpouštědlo:



Molekula **pyrrolu** je součástí například struktury **indolu**, který vytváří základní skelet mnoha hormonů, alkaloidů či barviva indiga. Jelikož je to příjemně vonící kapalina, uplatňuje se při výrobě voňavek. Čtyři molekuly pyrrolu jsou přítomné ve struktuře **porfinu**, který vytváří komplexy s některými kovy. Ty jsou pak velmi biologicky významnými sloučeninami. Příkladem komplexních derivátů porfinu je zelené rostlinné barvivo **chlorofyl** (obsahuje Mg^{2+}), červené krevní barvivo **hemoglobin** a červené barvivo svalů **myoglobin** (obsahuje Fe^{2+}).

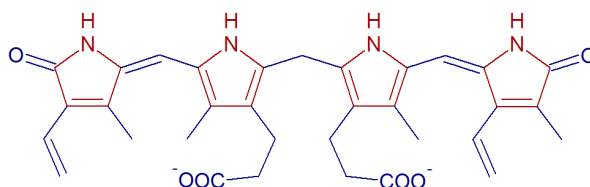


porfin



hemoglobin

Pyrrolová jednotka je obsažena také v **kobalaminu** (vitamínu B_{12}) nebo žlučovém barvivu **bilirubinu** (níže), který je odpadním produktem metabolismu červeného krevního barviva.

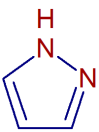
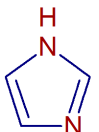
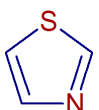
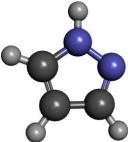
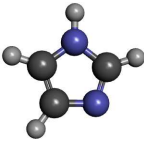
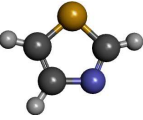


Furan je bezbarvá, hořlavá a těkává (t. v. $31,4^\circ\text{C}$) kapalina, která je obsažena v dehtu z jedlového dřeva. Patří mezi látky toxické a karcinogenní (rakovinotvorné).

Thiofen se nachází v černouhelném dehtu. Svými vlastnostmi se podobá benzenu, od kterého ho nelze fyzikálními metodami oddělit.

Pětičlenné heterocyklické sloučeniny se dvěma heteroatomy

Nejvýznamnějšími sloučeninami této skupiny jsou pyrazol, imidazol a thiazol.

Strukturní vzorec			
Model molekuly			
Název sloučeniny	pyrazol	imidazol	thiazol

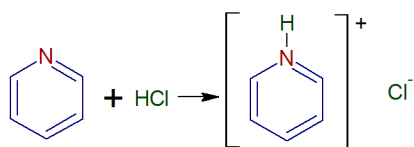
Pyrazol je součástí struktury léčiv, jako například antipyridinu, který se využívá pro snižování horečky.

Imidazol je součástí struktury histaminu, který rozšiřuje cévy a tím snižuje krevní tlak. Má podíl na vzniku alergických reakcí.

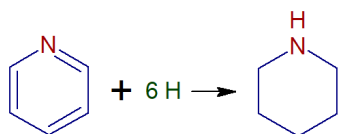
Thiazol je odporně páchnoucí kapalina, která je součástí léčiv či vitamínů. Jeho derivátem je luciferin vyskytující se v tělech světlušek či medúz. Luciferin při své oxidaci světélkuje (vyvolává luminiscenci).

Šestičlenné heterocyklické sloučeniny s jedním heteroatomem

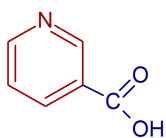
Nejnámějším příkladem této skupiny sloučenin je **pyridin**, který je nepříjemně páchnoucí hořlavou kapalinou vyráběnou z hnědého uhlí. Vzhledem ke strukturální podobnosti pyridinu a benzenu má tato heterocyklická sloučenina aromatický charakter a podléhá **elektrofilním substitucím**. Atom dusíku v molekule pyridinu je **zásaditý**, a tak jeho reakcí s kyselinami vznikají **pyridiniové soli**.



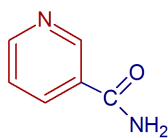
Katalytickou hydrogenací pyridinu vzniká piperidin:



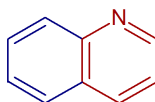
Deriváty pyridinu jsou **kyselina nikotinová** (niacin, vitamín B₃), **nikotinamid** (niacinamid). Mnohé alkaloidy (chinin, morfin...) jsou odvozeny od **chinolinu** a **isocholinu**.



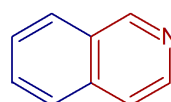
kyselina nikotinová



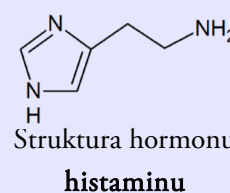
nikotinamid



chinolin



isochinolin



Ukázka **bioluminiscence**
u medúz

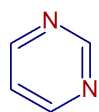
Produktem reakce pyridinu s kyselinou chlorovodíkovou je **pyridiniumchlorid**

Piperidin je pojmenován po svém **pepřovém** zápachu.

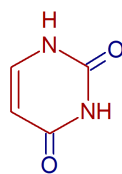
Nikotinamid je základní strukturální jednotkou **koenzymů**, chinolin alkaloidu **chininu**.

Šestičlenné heterocyklické sloučeniny s dvěma heteroatomy

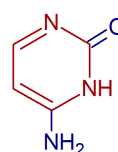
Zástupcem této skupiny sloučenin je **pyrimidin**. Jeho deriváty **uracil**, **cytosin** a **thymin** jsou zastoupeny ve strukturách nukleových kyselin (RNA, DNA).



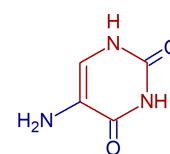
pyrimidin



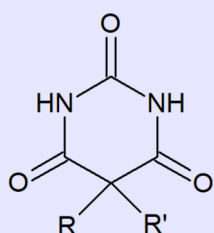
uracil



cytosin



thymin

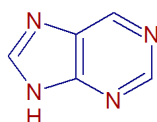


Obecný vzorec
barbiturátů

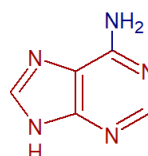
Dalším derivátem pyrimidinu je **kyselina barbiturová** a její deriváty (**barbituráty**). Tyto látky jsou součástí některých **hypnotik** či **sedativ**.

Heterocyklické sloučeniny s dvěma kondenzovanými heterocykly

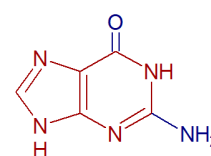
Mezi další báze vyskytující se v molekulách nukleových kyselin patří sloučeniny **adenin** a **guanin**, které jsou odvozené od **purinu**.



purin

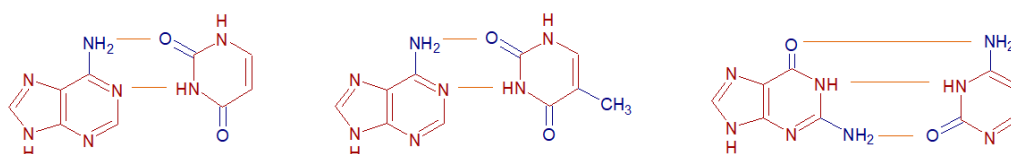


adenin

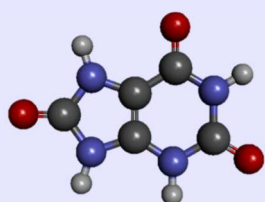


guanin

Pyrimidinové a purinové báze se v dvoušroubovici nukleových kyselin vyskytují ve dvojicích tzv. **komplementárních bází**, přičemž 2 vodíkové vazby navzájem komplementují molekuly adenin-thymin (A=T) a adenin-uracil (A=U) a 3 vodíkové vazby navzájem komplementují molekuly cytosin-guanin (C≡G).



Obr. 3.5 Komplementarita bází A=T, A=U a C≡G



Molekula **kyseliny močové**

Od purinu je odvozena rovněž **kyselina močová**, která je konečným produktem metabolismu dusíku v organismu ptáků a plazů a metabolismu purinu v lidském těle. Tato kyselina je součástí **močových kamenů** a z jejich alkalických solí se vytváří **ledvinové kameny**.

OTÁZKY A ÚLOHY

1. Jaká jsou pravidla aromaticity a které heterocyklické sloučeniny je splňují?
2. Jaký je biologický význam chlorofylu a hemoglobinu?
3. Jaké jsou podmínky vzniku vodíkové vazby?