



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Jméno autora:** Mgr. Ladislav Kažimír

**Datum vytvoření:** 08.01.2013

**Číslo DUMu:** VY\_32\_INOVACE\_20\_Ch\_OCH

**Ročník:** II.

**Vzdělávací oblast:** Přírodovědné vzdělávání

**Vzdělávací obor:** Chemie

**Tematický okruh:** Organická chemie

**Téma:** Heterocyklické sloučeniny

### Metodický list/anotace:

Prezentace je určena pro téma **Heterocyklické sloučeniny** v rozsahu SŠ. Zopakování základních fyzikálních a chemických vlastností, reakcí a výskytu. Seznámení studentů se systematickým názvoslovím i triviálním, lze doplnit o další příklady. Typičtí zástupci, jejich vlastnosti, průmyslová výroba a využití.



# HETEROCYKlickÉ SLOUČENINY



- ❑ HETEROCKÉ SLOUČENINY
- ❑ NÁZVOSLOVÍ HETEROCKÝCH SLOUČENIN
- ❑ PŘIROZENÝ VÝSKYT
- ❑ FURAN
- ❑ FURAL
- ❑ THIOFEN
- ❑ PYROL
- ❑ PROLIN
- ❑ IMIDAZOL
- ❑ BENZIMIDAZOL
- ❑ PYRAZOL

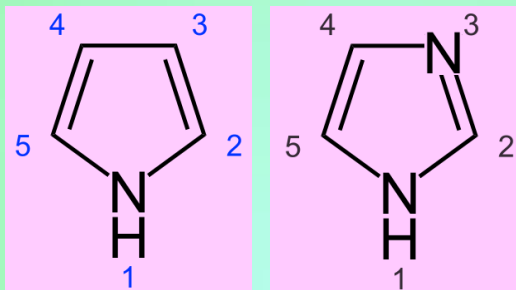
- ❑ THIAZOL
- ❑ PYRIDIN
- ❑ PIPERIDIN
- ❑ PYRAN
- ❑ INDOL
- ❑ PORFIN
- ❑ CHINOLIN
- ❑ 8-HYDROXYCHINOLIN
- ❑ XANTIN
- ❑ KYSELINA MOČOVÁ

# Heterocyklické sloučeniny

- ❑ organické cyklické látky, které mimo atomů uhlíku obsahují v cyklu i jiné atomy, tzv. *heteroatomy*

## Dělení

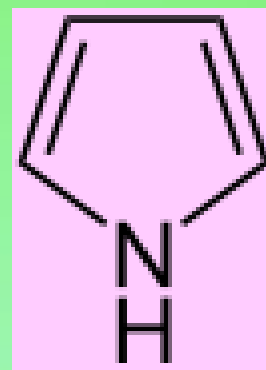
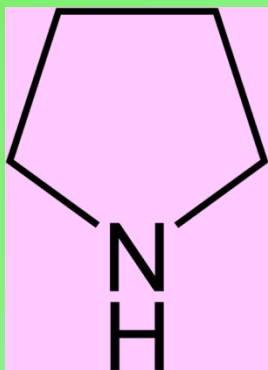
- ❖ Stejně jako cyklické uhlovodíky, jsou i heterocykly nejčastěji pětičlenné a šestičlenné.
- ❖ Podle druhu heteroatomu můžeme tyto sloučeniny rozdělit na kyslíkaté, dusíkaté, sirné ...
- ❖ Podle počtu heteroatomů je rozdělujeme na jednosytné, dvojsytné a vícesytné (azol, diazol ...).



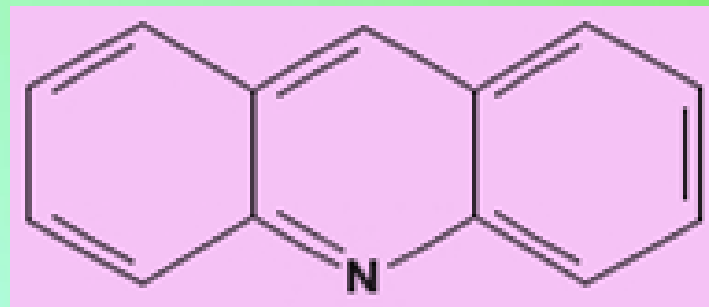
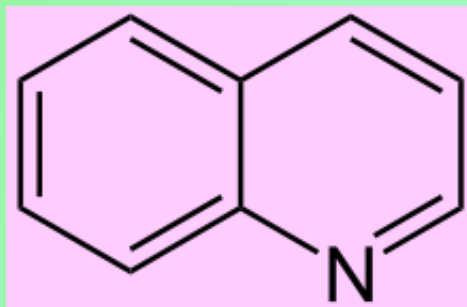
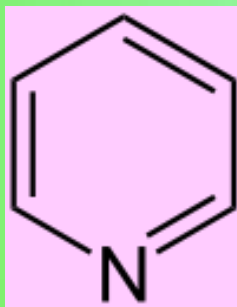
# Heterocyklické sloučeniny

## Dělení

❖ Podle stupně nenasycenosti (pyrolidin, pyrolin, pyrol)



❖ Podle počtu jader (pyridin, chinolin, akridin)



❑ V heterocyklických sloučeninách se vyskytují i atomy  
Si, P, Bi, Sb, Hg, Pb, As ...



# Heterocyklické sloučeniny

## Názvosloví

❑ Triviální názvy se nejvíce používají pro pěti- a šestičlenné heterocykly a jejich deriváty

❑ Záměnný systém

➤ Záměnný systém vychází z domněnky, že heterocyklus vzniká náhradou atomu C za heteroatom, což znázorníme předponou

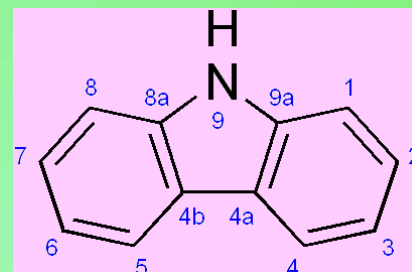
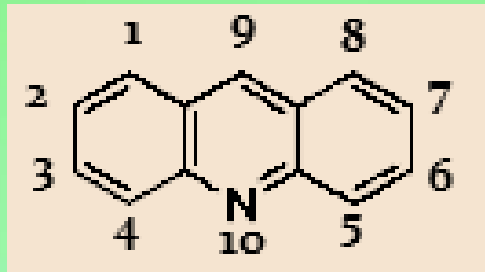
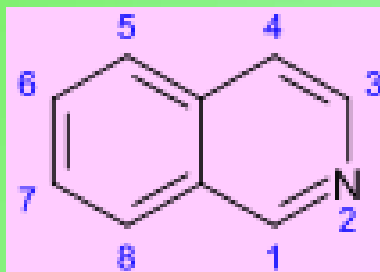
| Heteroatom | Předpona |
|------------|----------|
| kyslík     | ox(a)-   |
| síra       | thi(a)-  |
| dušík      | az(a)-   |
| fosfor     | fosf(a)- |
| křemík     | sil(a)-  |

# Heterocyklické sloučeniny

## Názvosloví

## ☐ Číslování

- Při číslování má heteroatom většinou číslo 1.
- Výjimkou je např. isochinolin, akridin, karbazol, kde se čísluje podle matečného uhlovodíku.



- Při větším počtu stejných heteroatomů číslujeme tak, aby heteroatomy měly nejnižší součet čísel.
- Při více různých heteroatomech rozhoduje skupina (vyšší skupina má přednost), popř. protonové číslo (nižší má přednost).

▪ Např:  $O > S > N > P > Si$



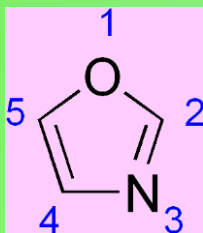
# Heterocyklické sloučeniny

## Názvosloví

## ☐ Číslování

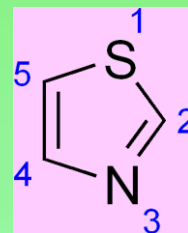
### ▪ příklady

$O > S > N > P > Si$



oxazol

1-oxa-3-azacyklo-penta-2,4-dien



thiazol

1-thia-3-azacyklo-penta-2,4-dien

## ☐ Hantzsch-Windmanův systém

- Pomocí tohoto systému můžeme tvořit názvy tří- až desetičlenných heterocyklů pomocí předpon heteroatomů a kmene vyjadřujícího počet členů a nasycení cyklu.

# Heterocyklické sloučeniny

## Názvosloví

### □ Hantzch-Windmanův systém

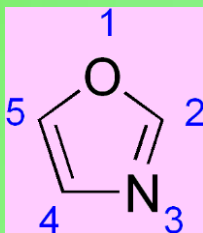
| Počet členů | Heterocyklus neobsahuje dusík |          | Heterocyklus obsahuje dusík |                 |
|-------------|-------------------------------|----------|-----------------------------|-----------------|
|             | nenasycený                    | nasycený | nenasycený                  | nasycený        |
| 3           | -iren                         | -iran    | -irin                       | -iridin         |
| 4           | -et                           | -etan    | -et                         | -etidin         |
| 5           | -ol                           | -olan    | -ol                         | -olidin         |
| 6           | -in                           | -an      | -in                         | perhydro- -in   |
| 7           | -epin                         | -epan    | -epin                       | perhydro- -epin |
| 8           | -ocin                         | -okan    | -ocin                       | perhydro- -ocin |
| 9           | -onin                         | -onan    | -onin                       | perhydro- -onin |
| 10          | -ecin                         | -ekan    | -ecin                       | perhydro- -ecin |

# Heterocyklické sloučeniny

## Názvosloví

### □ Hantzsch-Windmanův systém

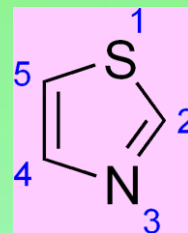
#### ▪ příklady



oxazol

1-oxa-3-azacyklo-penta-2,4-dien

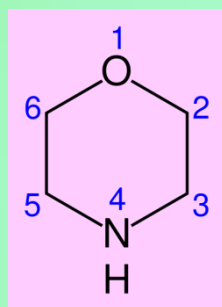
**1,3-oxazol**



thiazol

1-thia-3-azacyklo-penta-2,4-dien

**1,3-thiazol**



morfolin

1-oxa-4-azacyklo-hexan

**1,4-oxazin**

# Heterocyklické sloučeniny

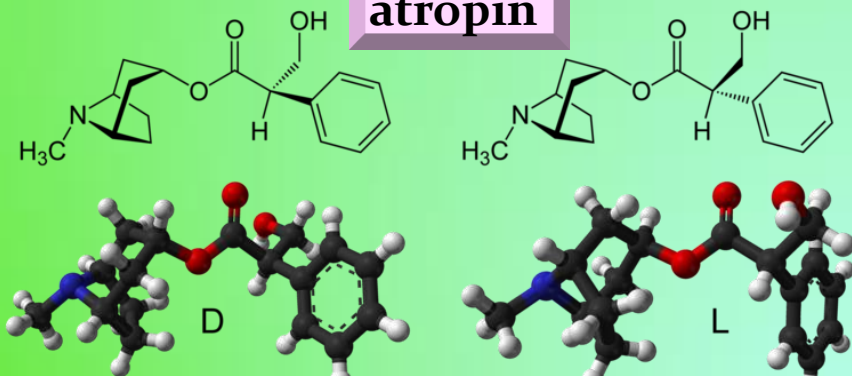
## Přirozený výskyt

- ❑ Heterocyklické sloučeniny jsou v přírodě široce rozšířené sloučeniny.
- ❑ Mají důležité funkce v biologických procesech většinou kvůli jejich schopnosti tvořit komplexy.
- ❑ alkaloidy, jejichž nejvýznamnější představitelé jsou atropin , kokain , kofein a nikotin a opiáty - přírodní toxiny



Obr.2

atropin



Obr.3



Obr.4



Obr.5

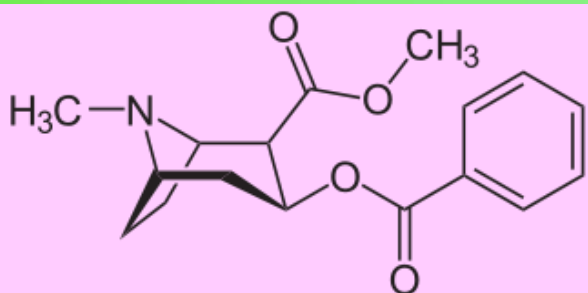
rulík zlomocný, blín černý, durman nebo mandragora lékařská



# Heterocyklické sloučeniny

## Přirozený výskyt

**kokain**

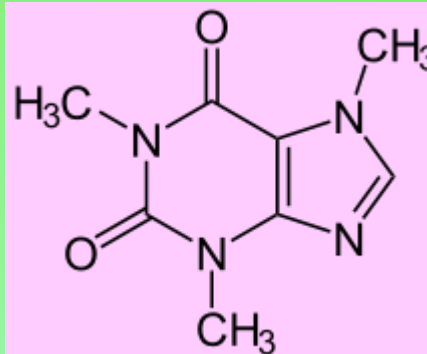


Obr.6



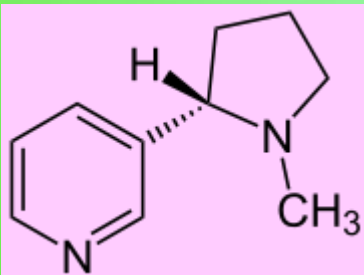
koka pravá

**kofein**



Obr.7

**nikotin**

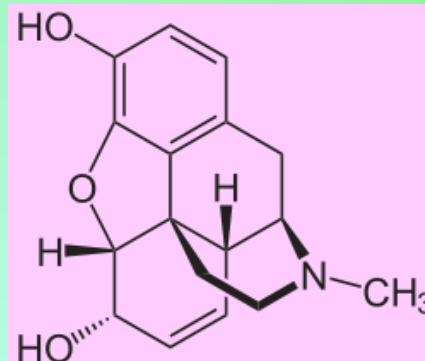


Obr.8

Obr.9



**opiáty - morfin**



Obr.10

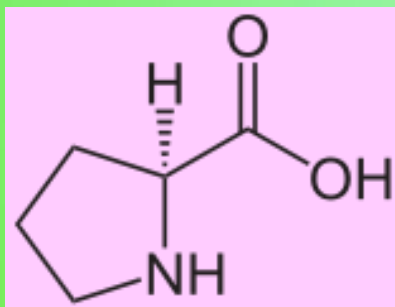
# Heterocyklické sloučeniny

## Přírozený výskyt

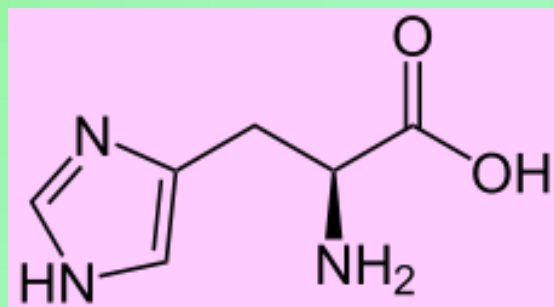
☐ tři z přírodních aminokyselin

➤ prolin (pyrrolidin), histidin (derivát imidazol)  
a tryptofan (indol)

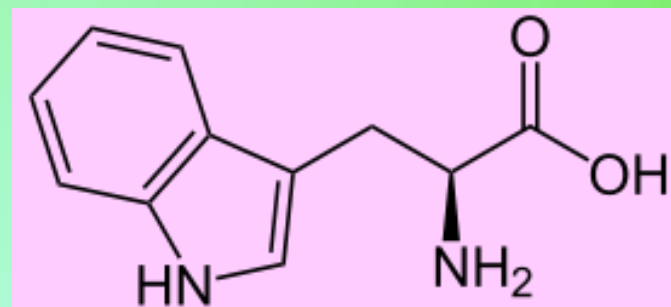
L-prolin



L-histidin



L-tryptofan



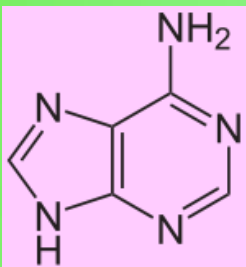
# Heterocyklické sloučeniny

## Přirozený výskyt

☐ dusíkaté báze DNA a RNA

➤ na bázi purinu

Adenin



Guanin



minoritně v některých RNA

Xanthin

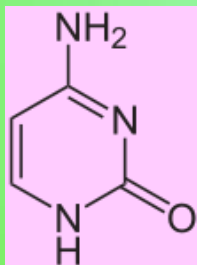


Hypoxanthin

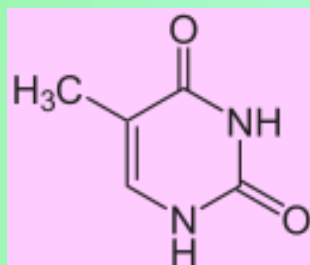


➤ na bázi pirimidinu

Cytosin

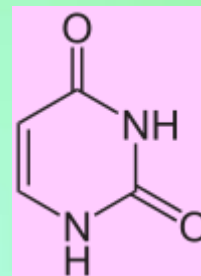


Thymin



v RNA místo Thyminu

Uracil

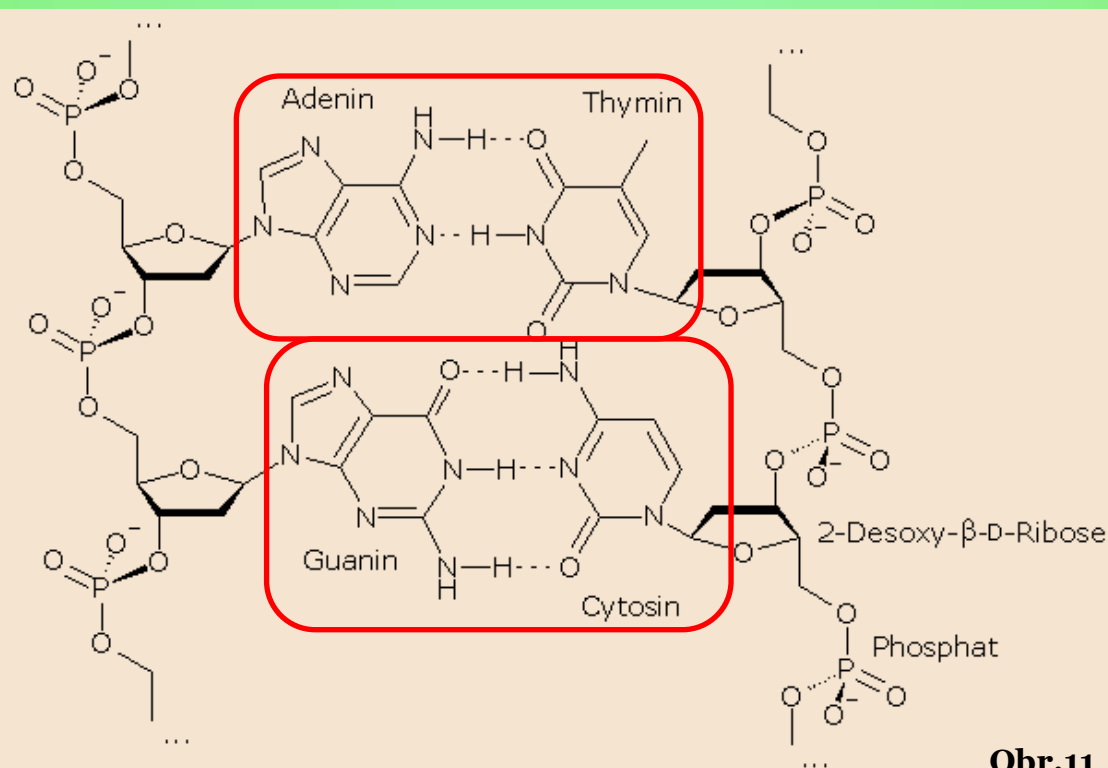


# Heterocyklické sloučeniny

## Přirozený výskyt

### ☐ dusíkaté báze DNA a RNA

- umožňují tvorbu vodíkových vazeb mezi komplementárními páry bází a tvoří vazby mezi dvěma samostatnými řetězci DNA



Obr.11

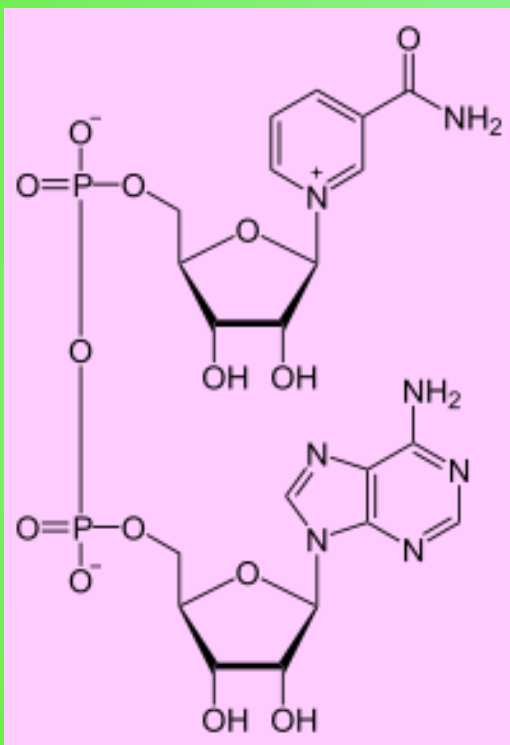


# Heterocyklické sloučeniny

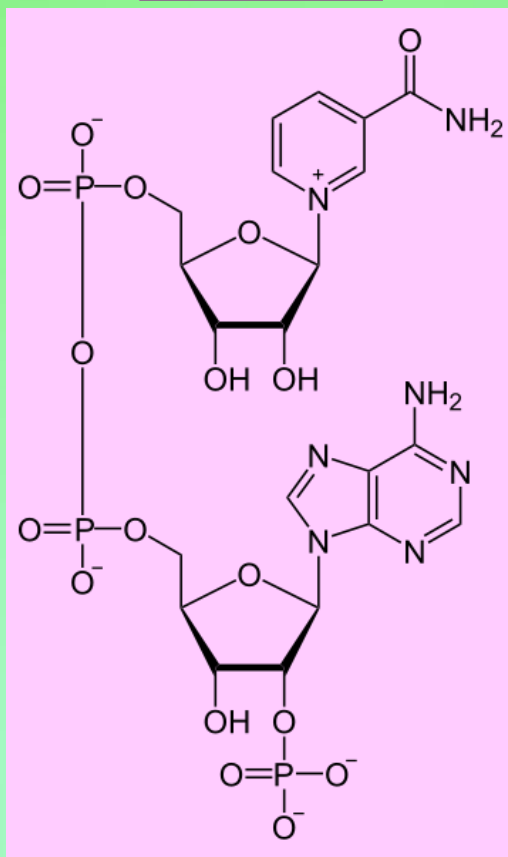
## Přirozený výskyt

### □ Koenzymy NAD, NADP a ATP

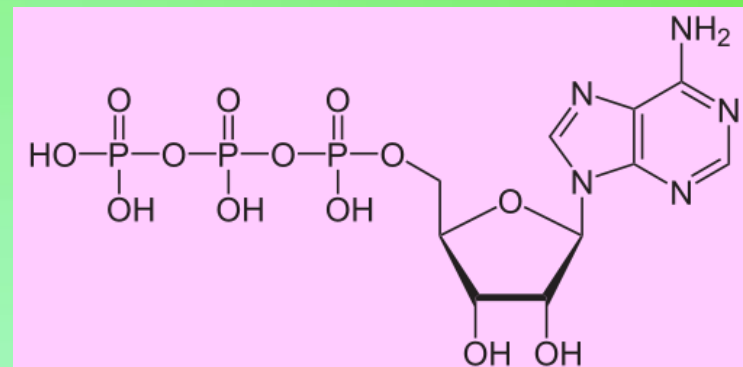
NAD



NADP



ATP



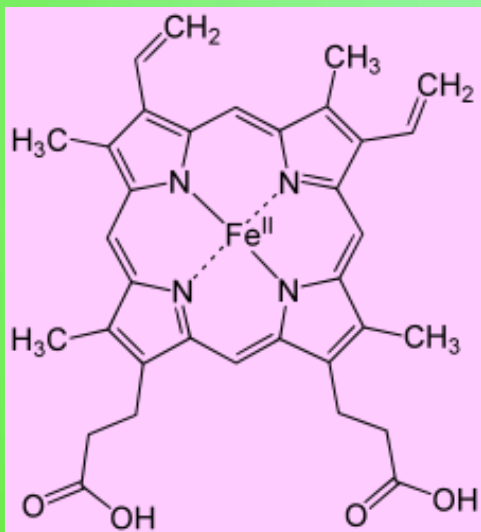
# Heterocyklické sloučeniny

## Přirozený výskyt

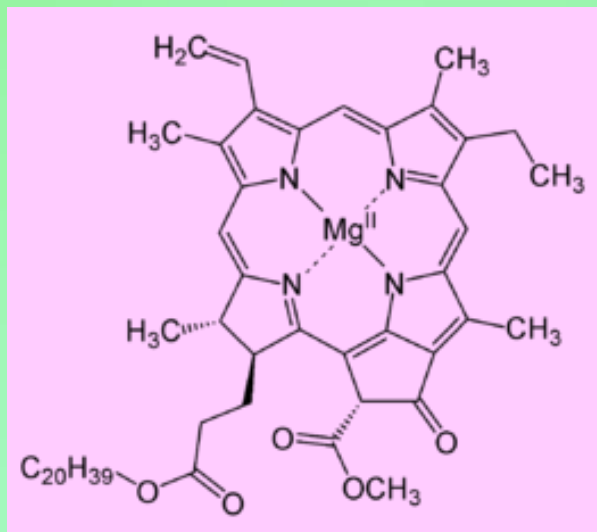
### ❑ Cytochromy

- bílkoviny vázané na membrány a obsahující ve své molekule hemové skupiny

#### hem (hemoglobin)

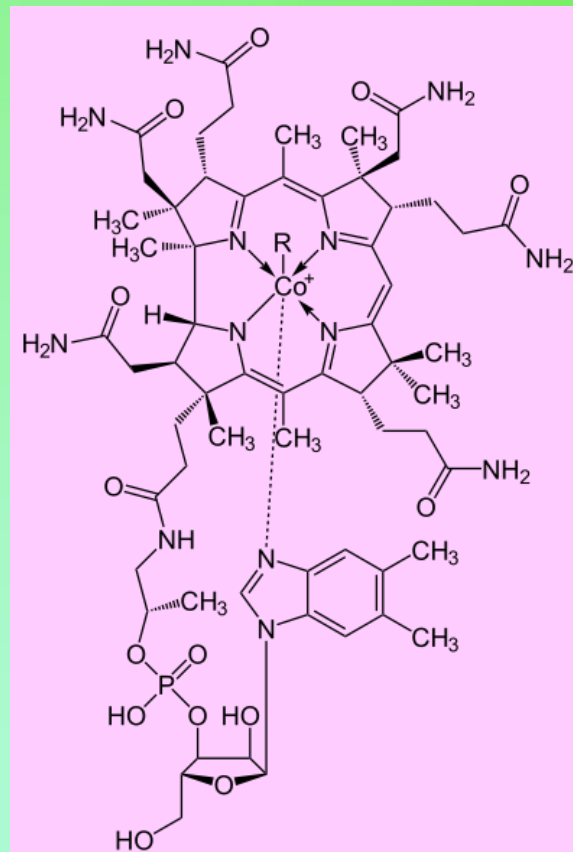


#### chlorofyl a



### ❑ Kobalaminy

- nejvýraznější představitel vitamín B<sub>12</sub>

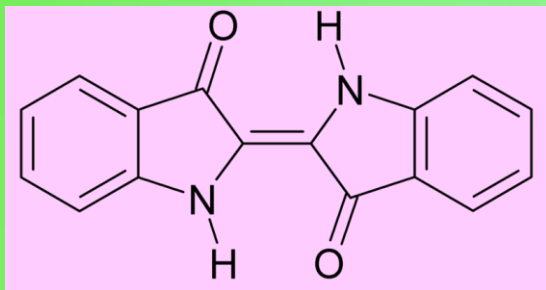


# Heterocyklické sloučeniny

## Přirozený výskyt

### ❑ Přírodní barviva

#### ➤ Indigo - rostlinné barvivo



Obr.12

### *Indigofera tinctoria*

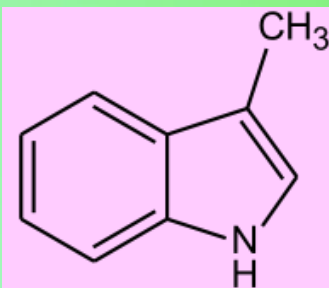


Obr.13

### ❑ zapáchající sloučeniny

#### ➤ Skatol - lidské i zvířecí výkaly, pachové žlázy cibetek (po zředění - kosmetika vůně pižma)

- při koncentraci 0,23 mikrogramů na kg škrobu je lidmi stále rozpoznatelný



Obr.14

# Pětičetné heterocykly

Furan



Obr.15

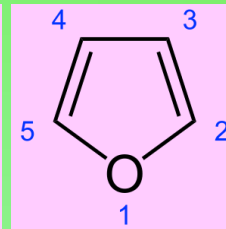
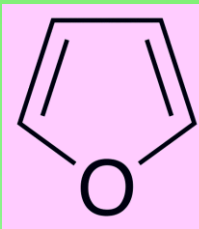


Obr.16



Obr.17

1,4-epoxy-1,3-butadien



☐ bezbarvá, vysoce těkavá kapalina vonící podobně jako chloroform

☐ teplota varu 31,4°C

☐ toxický a může být karcinogenní

☐ cyklický ether

☐ dehet z jedlového dřeva

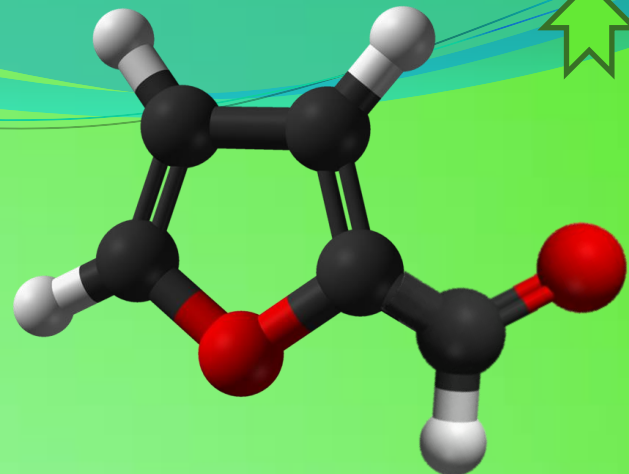
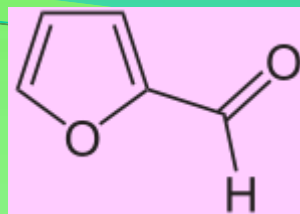
☐ nejčastější použití je při výrobě plastů

# Pětičetné heterocykly

Furfural

Fural

Furan-2-karbaldehyd



Obr.18



Obr.16

☐ bezbarvá až světle hnědá kapalina

☐ vůně po hořkých mandlích

☐ toxický a může být karcinogenní

☐ součást esenciálních olejů - hřebíček

☐ tvoří se během Maillardovy reakce - enzymatické hnědnutí

☐ vzniká i při karamelizaci (chlebová kůrka)

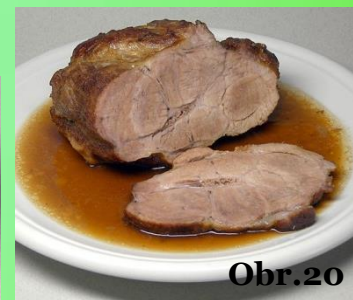
☐ výroba syntetických pryskyřic

☐ výroba textilních chemických vláken

Obr.19



Obr.21



Obr.20



# Pětičetné heterocykly

**Thiofen**

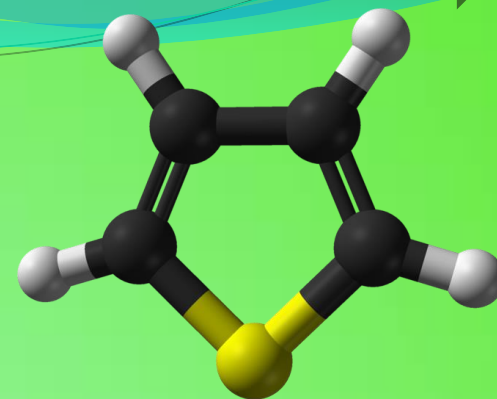
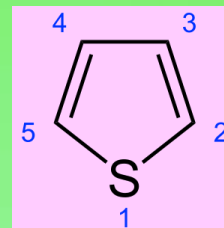
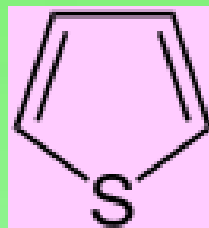


Obr.15



Obr.17

**thiacyklopentadien**



☐ bezbarvá kapalina s mírnou příjemnou vůní připomínající benzen

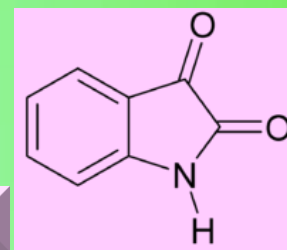
☐ nachází se v černouhelném dehtu

☐ výrazně aromatický charakter

☐ vlastnosti podobné benzenu

☐ používá se na výrobu mnoha agrochemikálií a léčiv

☐ s roztokem isatinu dává temně modré barvivo -  
INDOFENIN - důkaz thiofenu v technickém benzénu



isatin

# Pětičetné heterocykly

Pyrol



Obr.18

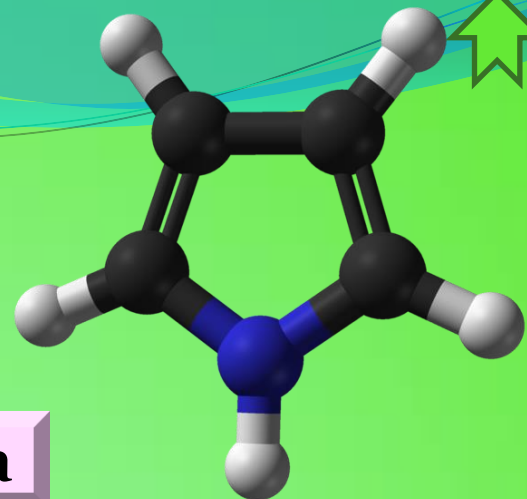
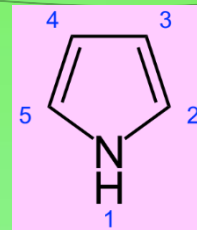
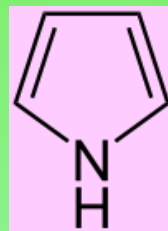


Obr.15



Obr.22

azol, imidol



☐ bezbarvá, nepříjemně páchnoucí kapalina

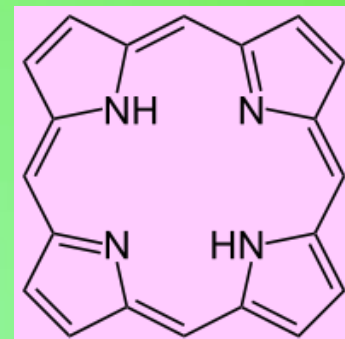
☐ ve vodě nerozpustná

☐ nachází se v černouhelném dehtu

☐ v produktech suché destilace kostí a rohoviny

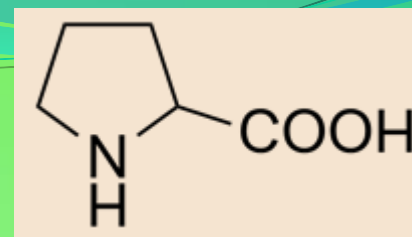
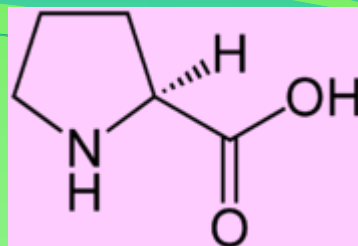
☐ stavební jednotkou tzv. *tetrapyrrolových barviv* (např. chlorofyl, hemoglobin, bilirubin)  
jejich základem je porfin - tvořený čtyřmi pyrrolovými kruhy spojenými methinovými můstky.

☐ působením koncentrovaných kyselin polymeruje  
- hnědočervené pyrolové pryskyřice



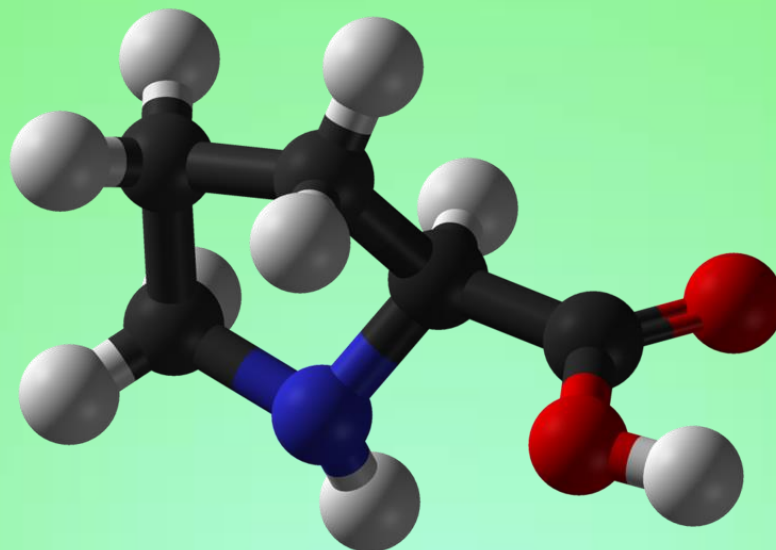
# Pětičetné heterocykly

## Prolin



## (2*S*)-Pyrrolidin-2-karboxylová kyselina

□ jednou ze základních 20 proteinogenních aminokyselin



□ tvorba kolagenu a proteinů pojivových tkání a kostí lidského těla

# Pětičetné heterocykly

## Azoly

- pětičetný heterocyklus s atomem dusíku a ještě s dalším heteroatomem (N, O, S) koncovka **-azol**

### Imidazol

### 1,3-diazol

### 1,3-diazacyklopenta-2,4-dien



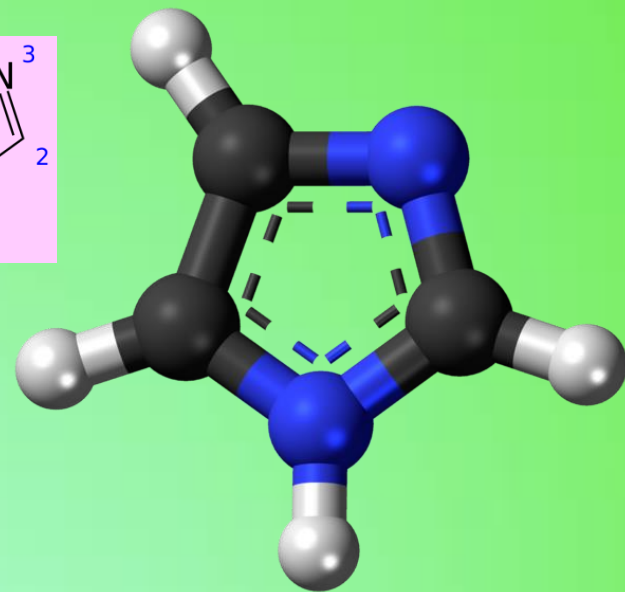
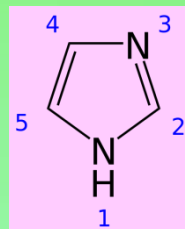
Obr.22



Obr.16



Obr.17

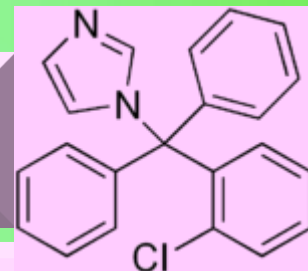


- bezbarvé krystaly

- dobře rozpustné ve vodě

- výroba léků

- Klotrimazol ve formě tinktury , masti , vaginální - tablety nebo prášky proti plísňové infekci



- výroba fungicidů - zemědělství, jako pesticidy. Proti plísním na dřevo , barvy, textil , stěny (dřevomorka)

# Pětičetné heterocykly

Imidazol

1,3-diazol

1,3-diazacyklopenta-2,4-dien



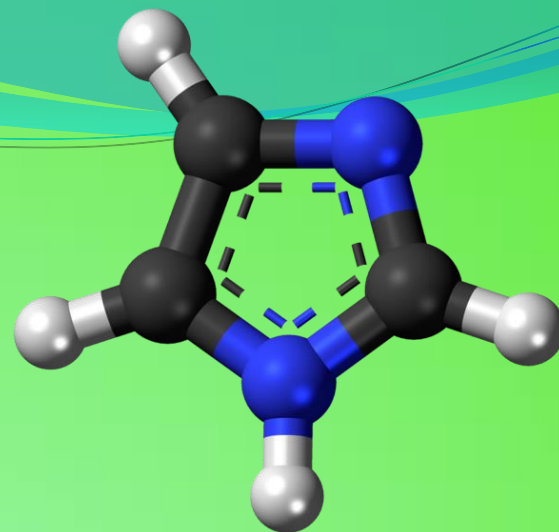
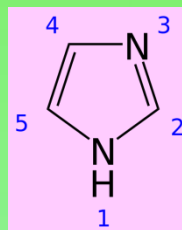
Obr.22



Obr.16

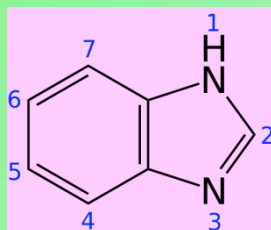
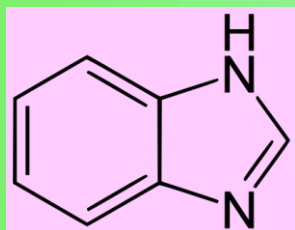


Obr.17

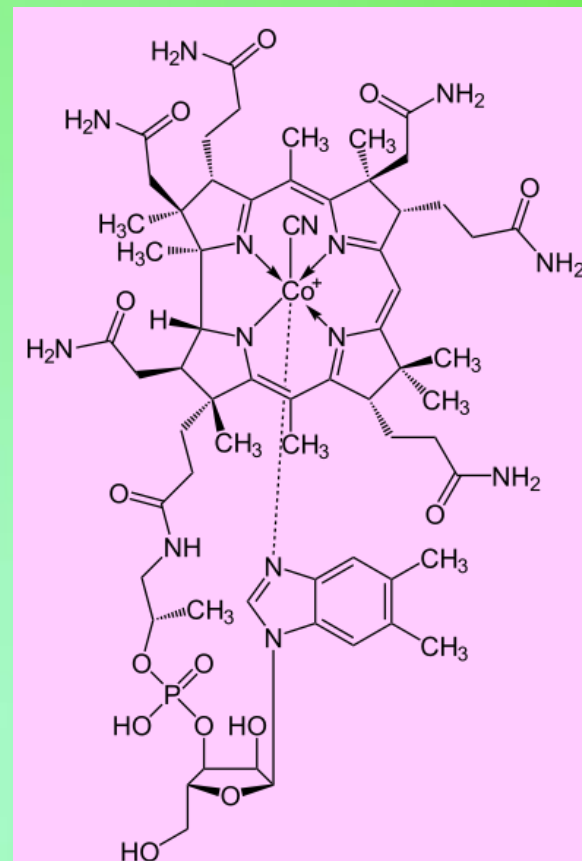


□ kondenzací s benzenem se vytváří:

Benzimidazol



□ Nejvýznamnější benzimidazolová sloučenina v přírodě, je *N*-ribosyl-dimethylbenzimidazol, který slouží jako axiální ligand na kobaltu ve vitaminu B<sub>12</sub>





# Pětičetné heterocykly

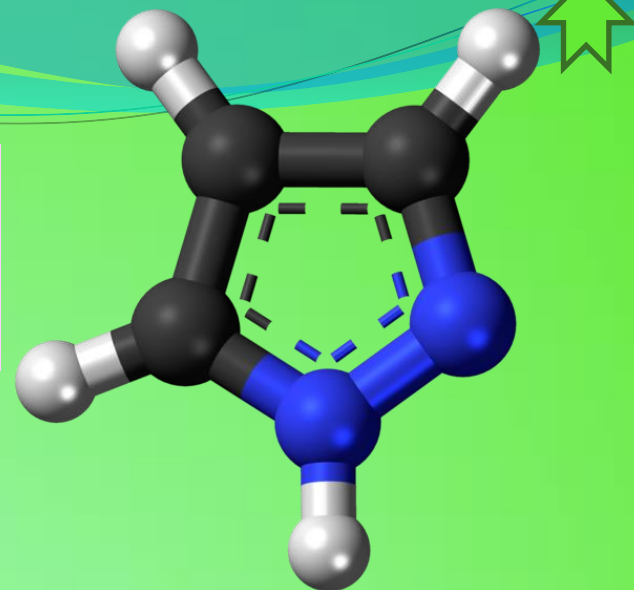
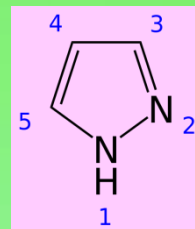
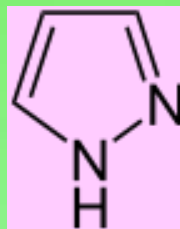
Pyrazol



Obr.17

1,2-diazol

1,2-diazacyklopenta-2,4-dien



☐ krystalická látka

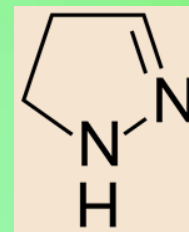
☐ slabě zásaditá, zapáchá po pyridinu

☐ výrazně aromatický charakter

☐ v přírodě se nevyskytuje ani jeho deriváty

☐ hydrogenací vzniká PYRAZOLIN

➤ deriváty PYRAZOLINU se používají k výrobě léčiv (antipyrin lék proti bolesti - analgetikum) a syntézu barev



# Pětičetné heterocykly

## Thiazol



Obr.15



Obr.22



Obr.17

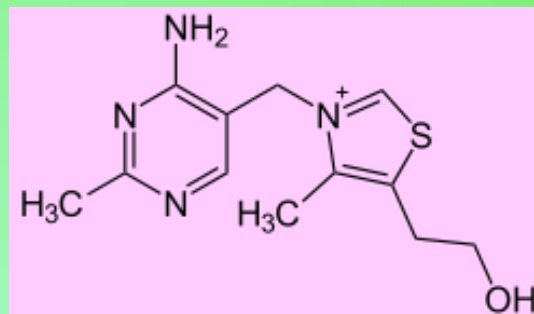
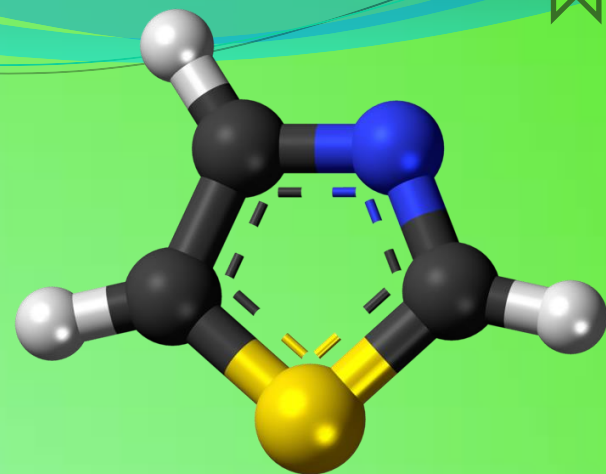
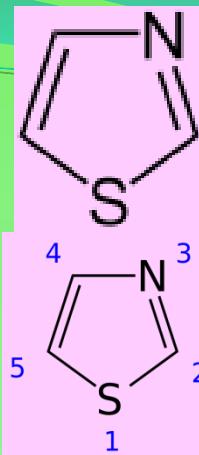
## 1,3-thiazol

☐ kapalná látka

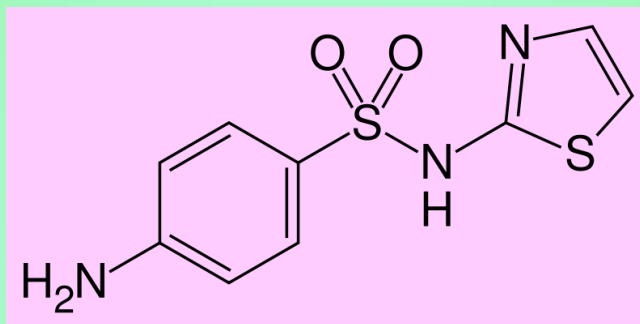
☐ zapáchá podobně jako pyridin

☐ složkou vitamínu B<sub>1</sub> (thiamin)

☐ výroba léků



➤ **SULFATHIAZOL** – chemoterapeutikum brání v množení patogenních bakterií



# Pětičetné heterocykly

## Thiazol



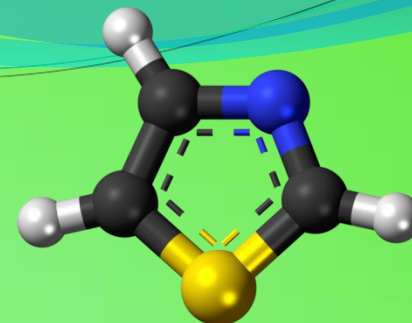
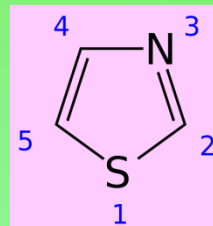
Obr.15



Obr.22



Obr.17



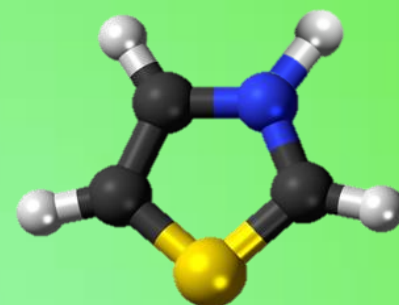
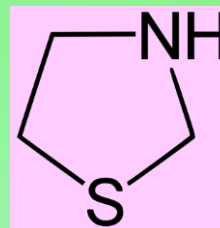
## 1,3-thiazol

□ derivátem je Thiazolidin

## Thiazolidin



Obr.15



□ derivátem thiazolidinu je antibiotikum PENICILIN

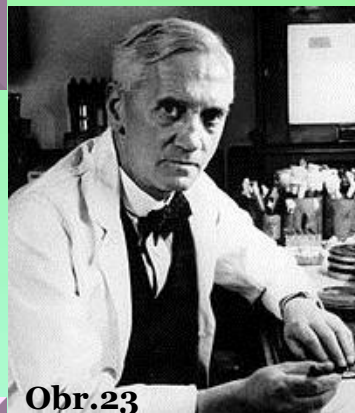
➤ Alexander Fleming 1928

➤ bílá krystalická látka, nerozpustná ve vodě

➤ rozpustná v hydroxidech

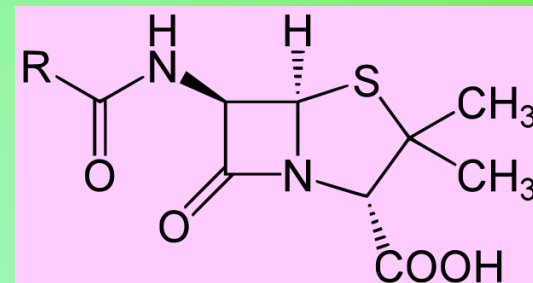
➤ jako lék ve formě sodné nebo vápenaté soli

➤ podává se ve formě injekcí nebo perorálně - tablety



Obr.23

1881 - 1955



Penicillium chrysogenum



Obr.24

# Šestičetné heterocykly

Pyridin



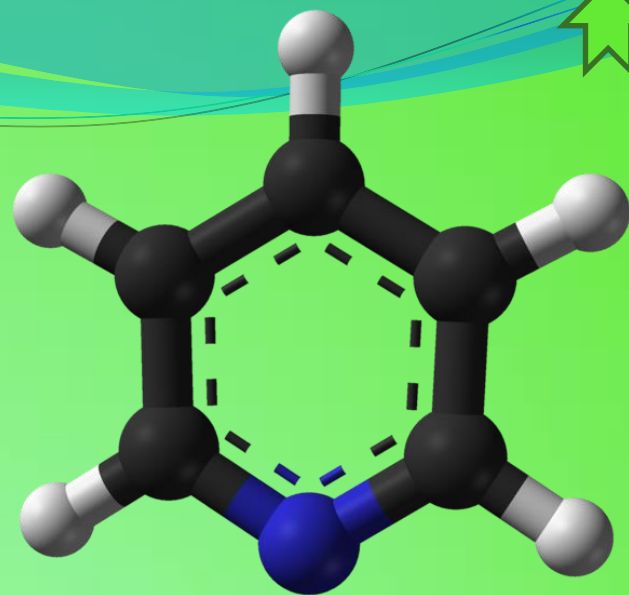
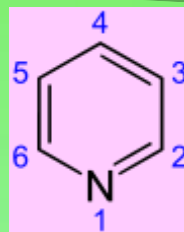
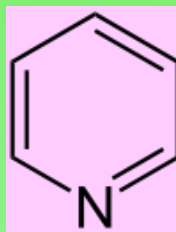
Obr.15



Obr.17

azabenzen

azabenzol, azin



☐ bezbarvá hygroskopická kapalina

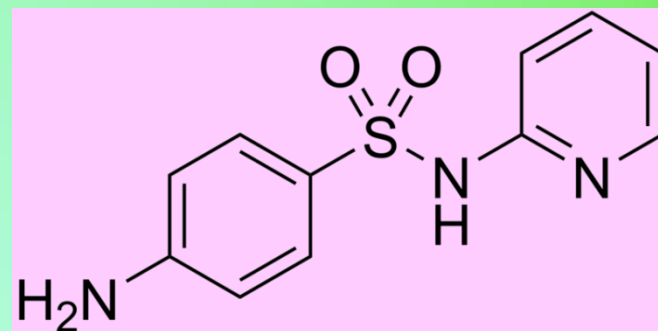
☐ nepříjemný rybí zápach

☐ uhelný dehet, olej z kostí (suchá destilace)

☐ charakter terciálního aminu – chová se jako slabá zásada

☐ výroba rozpouštědel

☐ denaturace lihu



☐ výroba léčiv – SULFAPYRIDIN – proti pneumokokům

# Šestičetné heterocykly

Piperidin



Obr.15



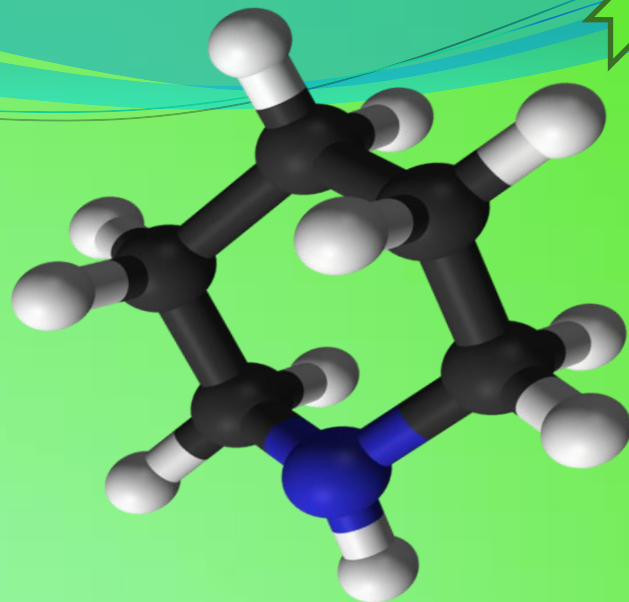
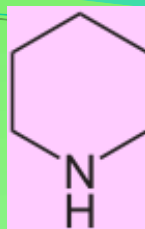
Obr.18



Obr.22

azinan

hexahydropyridin



☐ bezbarvá dýmavá kapalina

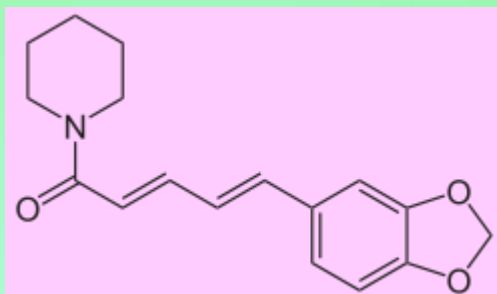
☐ amoniakový či pepřový zápach

☐ piperidin je složkou alkaloidu piperinu (černý pepř)

☐ rozpouštědlo

☐ meziprodukt při syntéze léčiv, pesticidů a vůní

☐ vytvrzovací činidlo pro epoxidové pryskyřice



Obr.25



Obr.26



# Šestičetné heterocykly

Pyran

2H-Pyran, 4H-Pyran

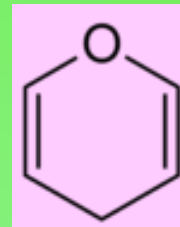
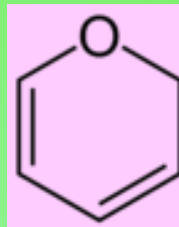
Oxa-2,4-cyklohexadien, Oxa-2,5-cyklohexadien

$\alpha$ -pyran

$\gamma$ -pyran

2H-Pyran

4H-Pyran



☐ bezbarvá kapalina

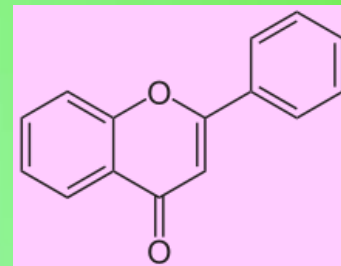
☐ v přírodě se volně nevyskytují

☐ od nich je odvozeno mnoho přírodních látek

☐ součást žlutých rostlinných barviv květů, dřeva, kořenů, plodů - pomeranče, citrony ...

☐ Podobnou strukturu mají některé sacharidy (*cukry*), jsou nazývány pyranosy, ale neobsahují dvojné vazby v kruhu.

Flavony žluté rostlinné barviva



# Kondenzované pyrolové systémy

Indol



Obr.18



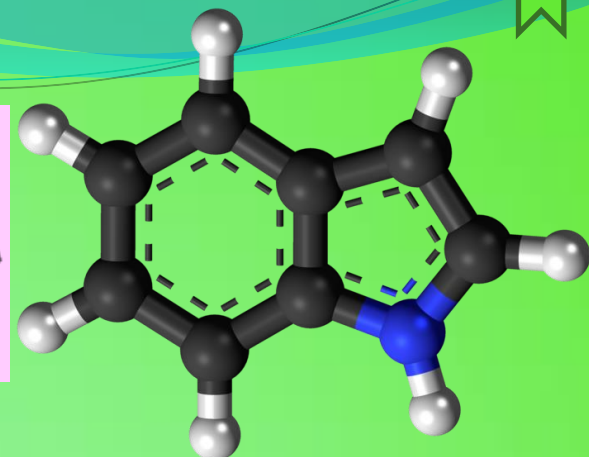
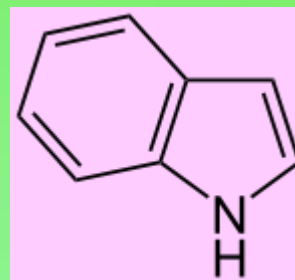
Obr.22



Obr.27

1-benzazol

2,3-benzopyrol



☐ bílá pevná látka

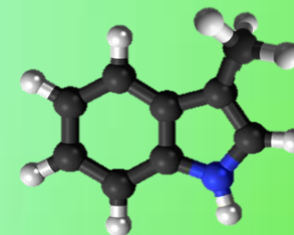
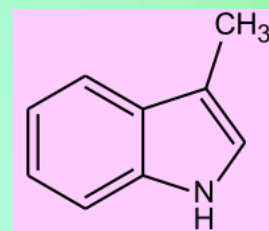
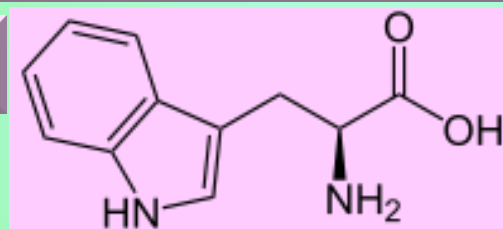
☐ intenzivní fekální zápach

☐ při velmi nízkých koncentracích má květinovou vůni

☐ vyskytuje se v černouhelného dehtu

☐ vzniká pankreatickým štěpením bílkovin a se svým methylderivátem skatolem obsažen v lidských výkalech

☐ AMK tryptofan



# Kondenzované pyrolové systémy

Indol



Obr.18



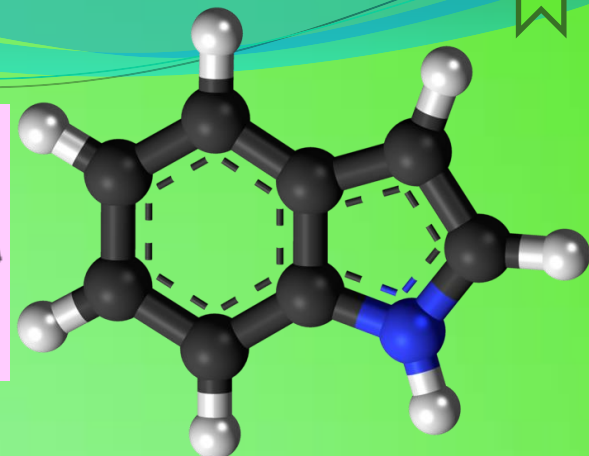
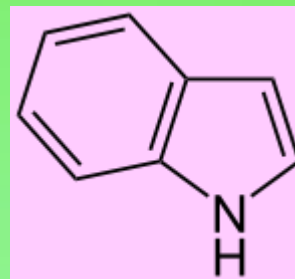
Obr.22



Obr.27

1-benzazol

2,3-benzopyrol



□ květy jasmínu, akátu, růží, pomerančová silice



Obr.28



Obr.29



Obr.30



Obr.31

□ základní složka některých alkaloidů - strychnin a auxin



Obr.18

*Strychnos nux-vomica*

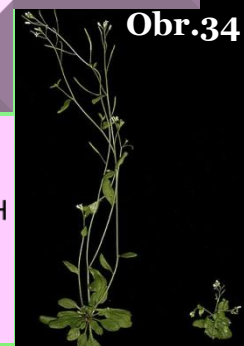
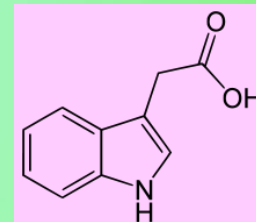


Obr.32



Obr.33

podporuje buněčný  
růst při přetržení



Obr.34

# Kondenzované pyrolové systémy

Indol



Obr.18



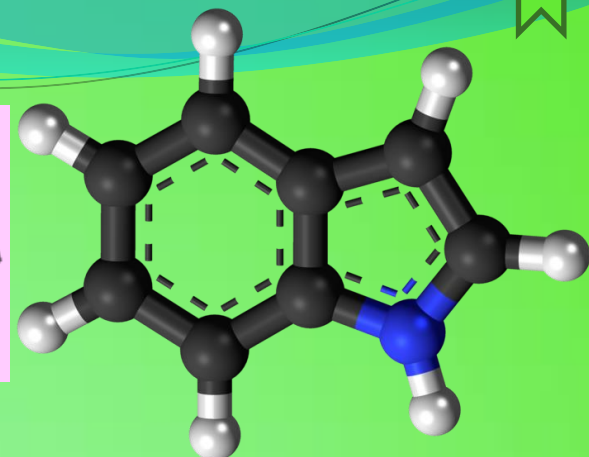
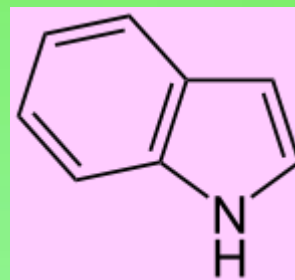
Obr.22



Obr.27

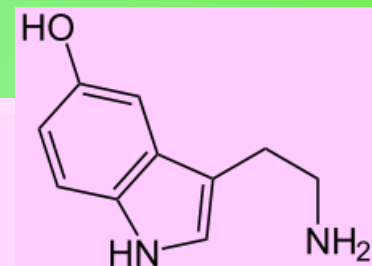
1-benzazol

2,3-benzopyrol

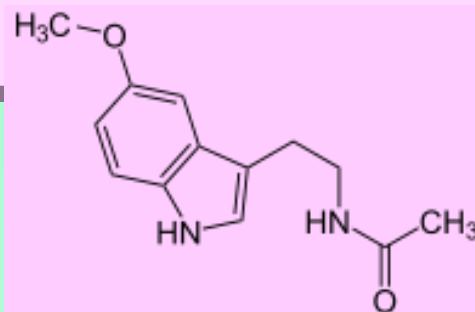


☐ neurotransmitery serotonin a melatonin

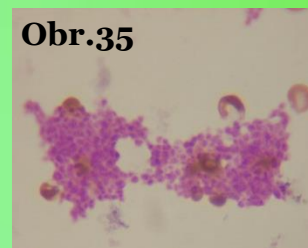
➤ serotonin - obsažen v krevních destičkách, v buňkách gastrointestinálního traktu a v menší míře i v centrálním nervovém systému



➤ melatonin - produkován epifýzou (nadvěskem mozgovým) - důležité funkce v řízení rytmů den-noc



Obr.35





# Kondenzované pyrolové systémy

Indol



Obr.18



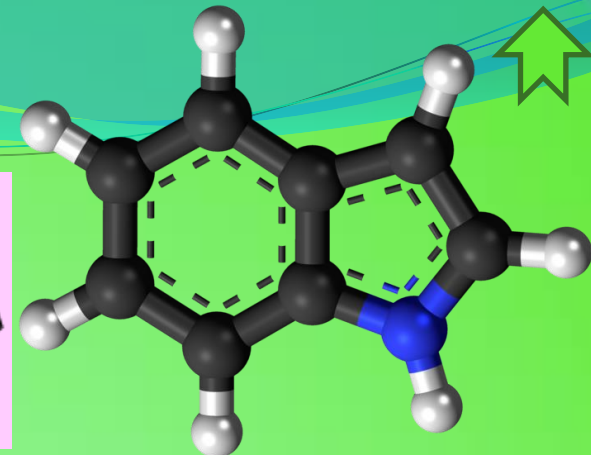
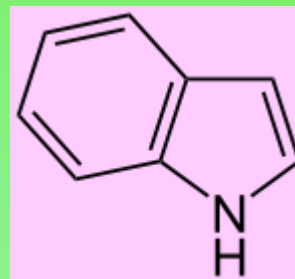
Obr.22



Obr.27

1-benzazol

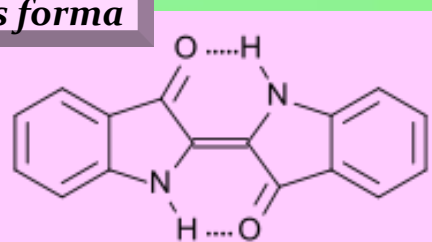
2,3-benzopyrol



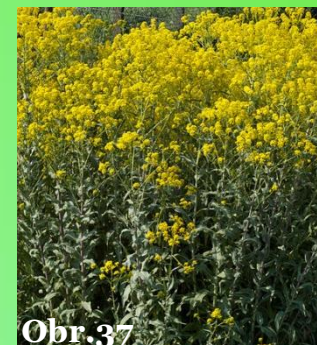
Indigo

*trans forma*

2,2'-bis(2,3-dihydro-3-oxoindolylden)



Obr.36



Obr.37

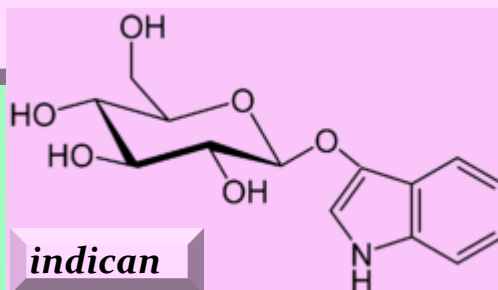
*Isatis tinctoria*

➤ tmavě modré barvivo

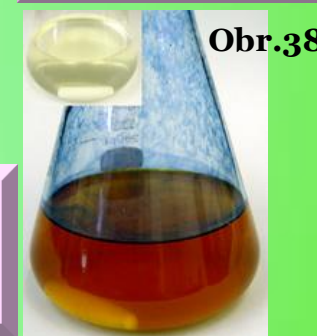
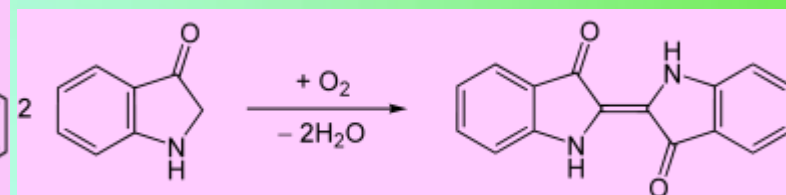
➤ rostliny neobsahují indigo, ale indican

➤ indican se fermentací převede v indoxyl

➤ oxidací na vzduchu přechází ze žlutého indoxylu na modré indigo



*indican*



Obr.38



# Kondenzované pyrolové systémy

Indol



Obr.18



Obr.22



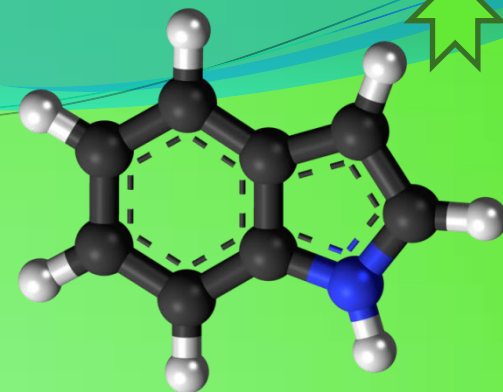
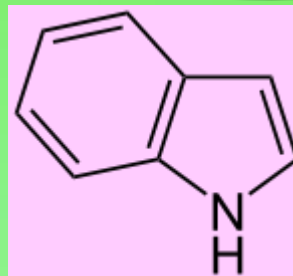
Obr.27

1-benzazol

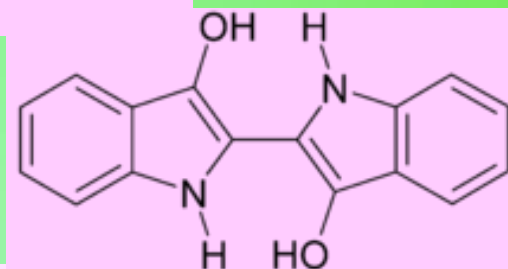
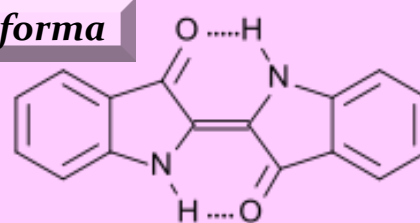
2,3-benzopyrol

Indigo

2,2'-bis(2,3-dihydro-3-oxoindolylden)



*trans forma*



➤ téměř nerozpustné ve vodě

➤ nutno převést na Leuco-indigo (indoběl)  
- dobře rozpustné

➤ rychle se na vzduchu slučuje s kyslíkem a vrací  
se na nerozpustné, intenzivně barevné indigo



Obr.38



Obr.39



Obr.40

# Kondenzované pyrolové systémy

Porfin



21,22-dihydroporphyrin

21H,23H-Porfin

❑ tmavě červené krystaly

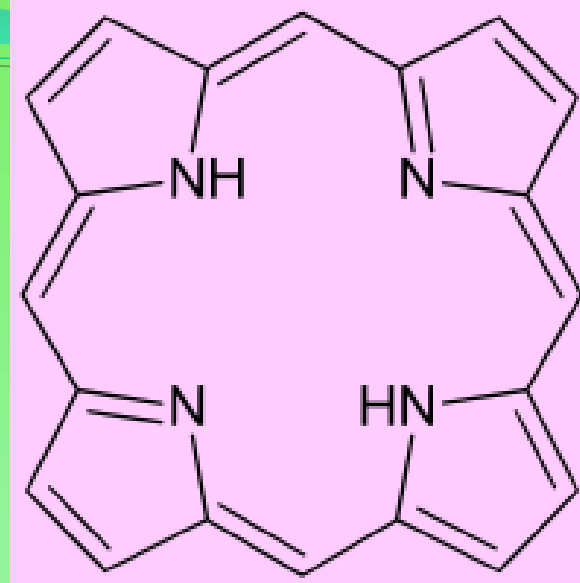
➤ porfyrios = nachový, purpurový

❑ heterocyklická (4 atomy dusíku) sloučenina skládající se ze čtyř pyrrolových kruhů (tetrapyrrol)

❑ aromatická (splňuje Hückelovo pravidlo:  $4n + 2$   $\pi$ -elektronů)

❑ deriváty metaloporfyriny (+kov) - cyklické

❑ deriváty porfyrany - acyklické



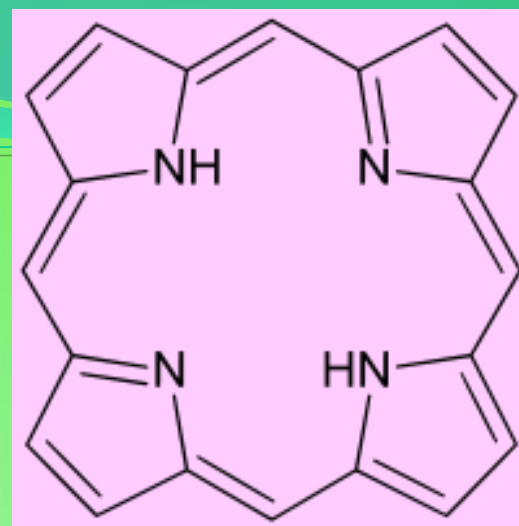
# Kondenzované pyrolové systémy

Porfin



21,22-dihydroporphyrin

21H,23H-Porfin



❑ Pokud se na dusíkaté atomy uprostřed kruhu porfinu naváže kovový kation vázaný kovalentní i koordinační vazbou, vzniká specifický druh cyklického barviva závislého na druhu navázaného kationtu.

❑ Acyklická tetrapyrrolová barviva

➤ Vznikají rozpadem porfinového jádra a přechodem na lineární tetrapyrrol.

➤ zbytek otevřeného porfinového jádra žlučové barvivo **bilirubin** (po rozpadu molekul hemoglobinu v odumřelých červených krvinkách)

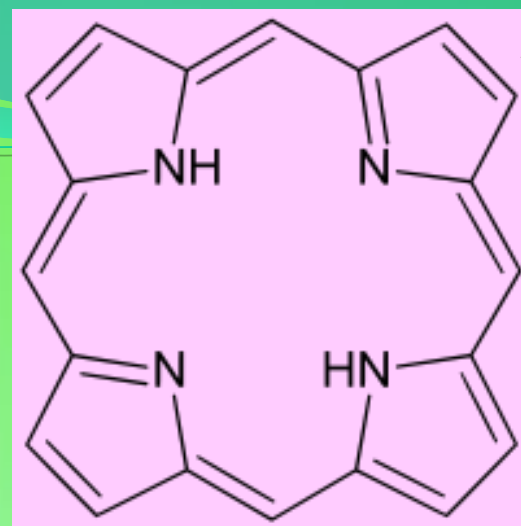
# Kondenzované pyrolové systémy

Porfin



21,22-dihydroporphyrin

21H,23H-Porfin



## ❑ Cyklická tetrapyrrolová barviva

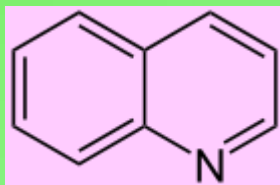
- ❖  $\text{Fe}^{+2}$  - červená barviva **hemoglobiny** a **myoglobiny** (zajišťují transport kyslíku v těle, krevní barviva), cytochromy (účastní se transportu elektronů v dýchacím řetězci)
- ❖  $\text{Cu}^{+1}$  - modré barvivo **hemocyanin** (krevní barvivo měkkýšů, transportuje kyslík)
- ❖  $\text{Mg}^{+2}$  - zelené barvivo **chlorofyl** (zajišťuje průběh fotosyntézy)
- ❖  $\text{Co}^{+2}$  - růžový **kobalamin**, jinak zvaný jako vitamin  $\text{B}_{12}$

# Kondenzované pyridinové systémy

Chinolin

1-benzazin

1-azanaftalen



Obr.16



Obr.17



Obr.27



☐ bezbarvá, slabě hygroskopická kapalina

➤ časem účinkem světla žloutne až hnědne

☐ špatně rozpustný ve studené vodě, dobře se rozpouští v horké vodě a v organických rozpouštědlech

☐ vyskytuje se v černouhelném dehtu

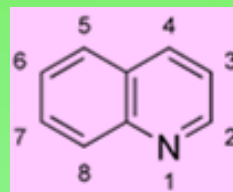
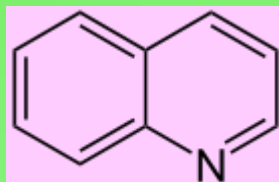
☐ výroba léčiv, herbicidů a fungicidů

☐ přirozeně se vyskytuje v rostlinách ve formě derivátů, alkaloidy - chinin ...



# Kondenzované pyridinové systémy

Chinolin



1-benzazin

1-azanaftalen

Chinin



Obr.17



Obr.41

☐ bílý krystalický prášek

☐ silně hořká chuť

☐ analgetikum - tlumí centrum bolesti v centrálním nervstvu

☐ antipyretikum - snižuje horečku

☐ antimalarikum - lék proti malárii

☐ tonik - povzbuzuje chuť k jídlu



Obr.16



Obr.17

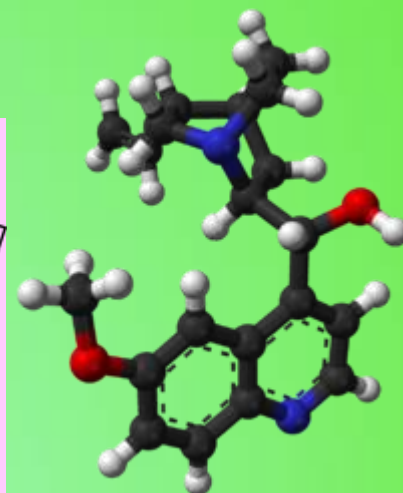
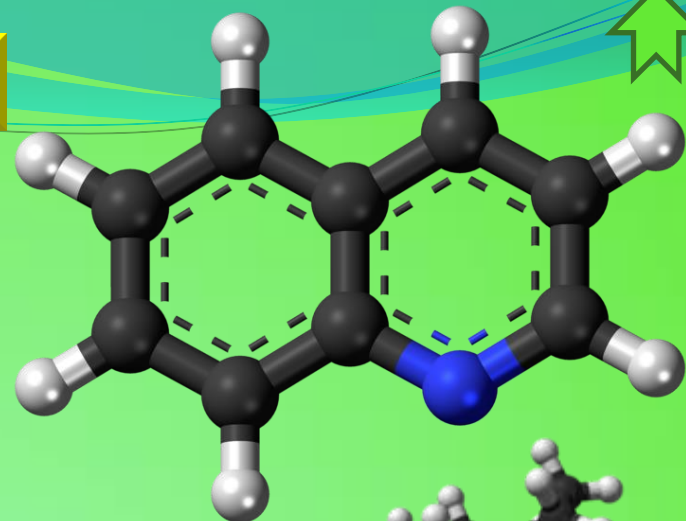
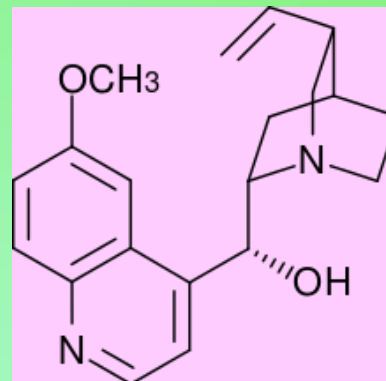


Obr.27

Chininovník



Obr.42



v UV světle  
(chinin)  
fluoreskuje

Obr.43

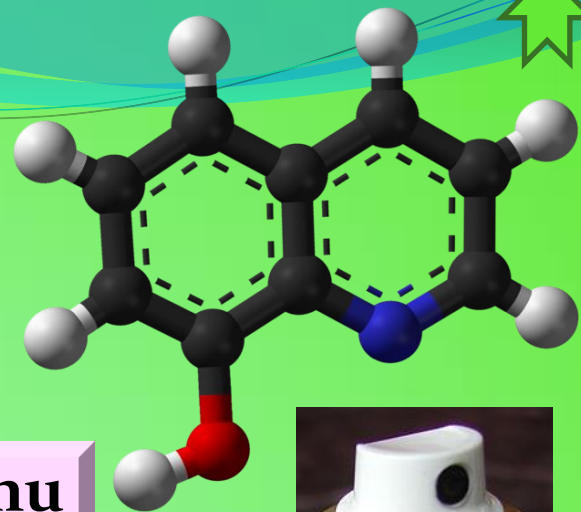
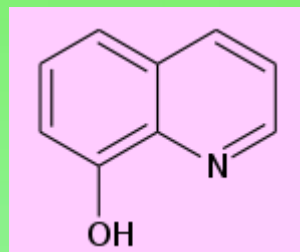
# Kondenzované pyridinové systémy

8-hydroxychinolin

oxin, chinofenol



Obr.17



☐ bílá krystalická látka fenolického zápachu

☐ ve vodě je špatně rozpustná

☐ látka zdraví škodlivá, v podezření je z účinků dráždivých, mutagenních a karcinogenních

☐ rozkládá se působením světla

☐ analytická chemie - chelatační a kolorimetrické činidlo

☐ medicína - oxin a jeho komplexy dezinfekční a antiseptický prostředek (alkoholový roztok - "tekutý obvaz")

☐ agrochemie - pesticid (fungicidní a herbicidní účinky)



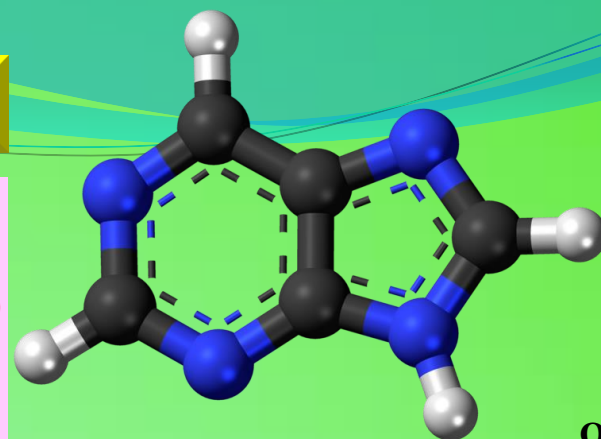
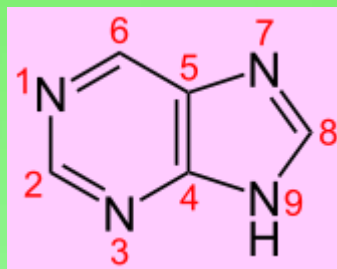
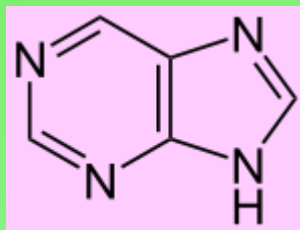
Obr.44

# Kondenzované pyridinové systémy

Purin

9 *H* -imidazol

3,5,7-triazaindol



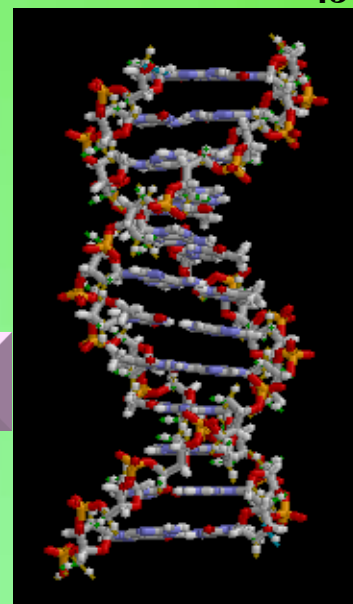
Obr.45

❑ bezbarvé jehlice, vyrábí se z kyseliny močové

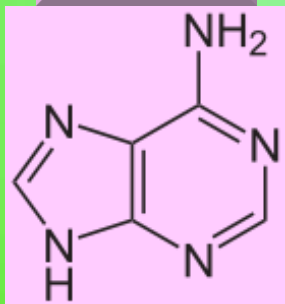
❑ v přírodě se nenachází

❑ deriváty purinu jsou biologicky významné látky

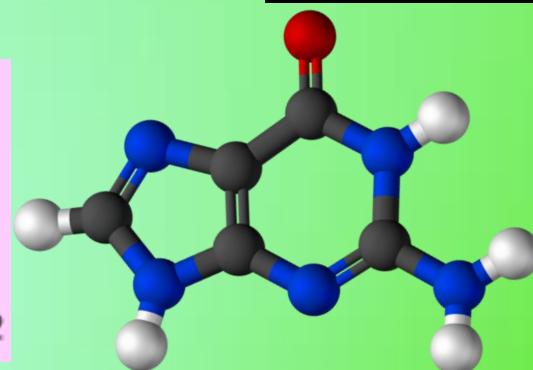
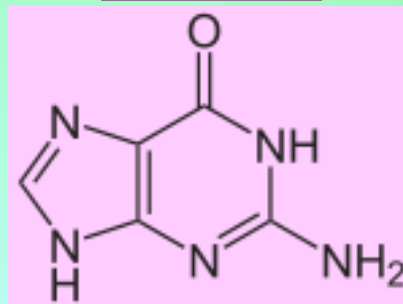
❑ dvě z pěti bází v nukleových kyselinách



adenin



guanin



# Kondenzované pyridinové systémy

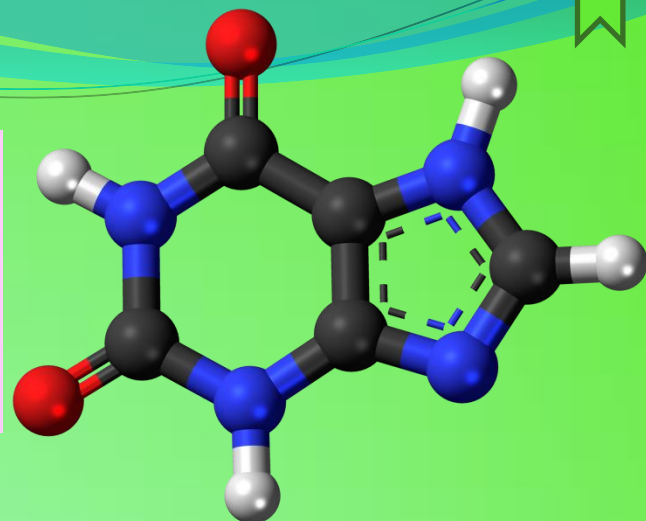
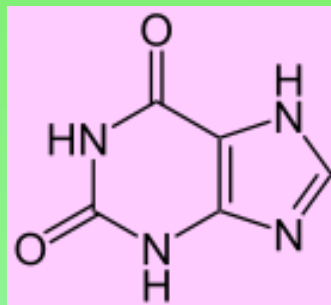
Xantin



Obr.17

2,6-dihydroxypurin

3,7-dihydropurine-2,6-dion



❑ bezbarvá krystalická látka

❑ výskyt – víno, kávová zrna, brambory, čajové lístky a Mate



Obr.46



Obr.47



Obr.48



Obr.49



Obr.50



Obr.51

❑ V lidském těle xantin obsahují některé orgány, jako je krev, svaly a játra; také se vylučuje močí.



# Kondenzované pyridinové systémy

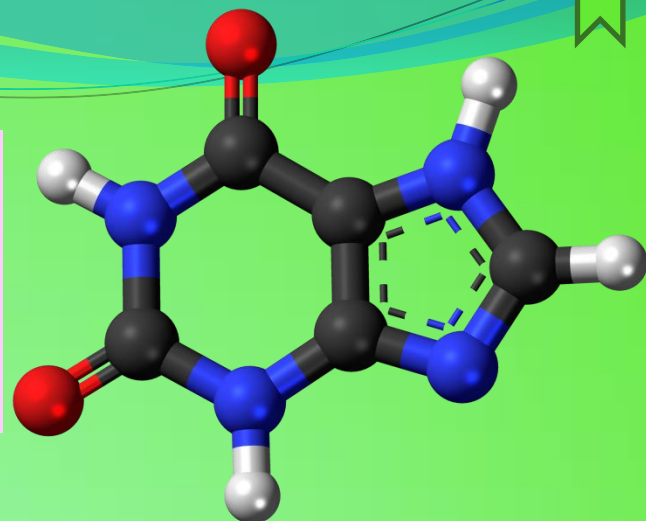
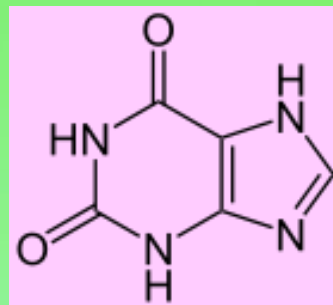
Xantin



Obr.17

2,6-dihydroxypurin

3,7-dihydropurine-2,6-dion



## ❑ Purinové alkaloidy



❖ Kofein

$R_1 - \text{CH}_3$

$R_2 - \text{CH}_3$

$R_3 - \text{CH}_3$

❖ Theobromin

$R_1 - \text{H}$

$R_2 - \text{CH}_3$

$R_3 - \text{CH}_3$

❖ Theofylin

$R_1 - \text{CH}_3$

$R_2 - \text{CH}_3$

$R_3 - \text{H}$

❑ Deriváty xantinu jsou skupina alkaloidů běžně používané pro své účinky jako mírné stimulanty.

❑ ovlivňují dýchací cesty a stimulují srdeční frekvenci

❑ vysoké dávky mohou vést k srdeční arytmii a křečím



# Kondenzované pyridinové systémy

Xantin



Obr.17

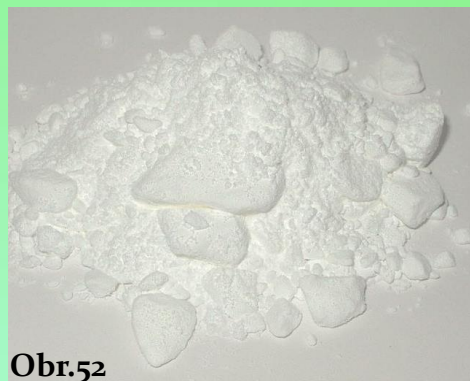
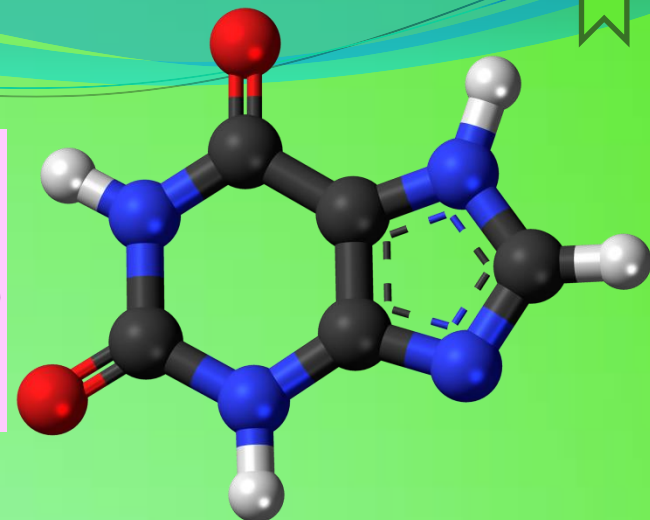
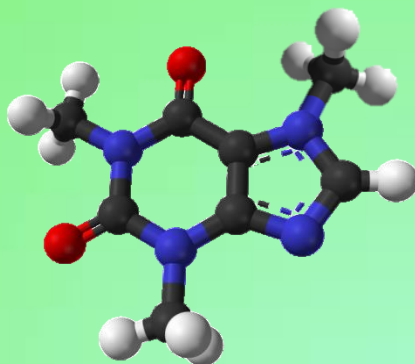
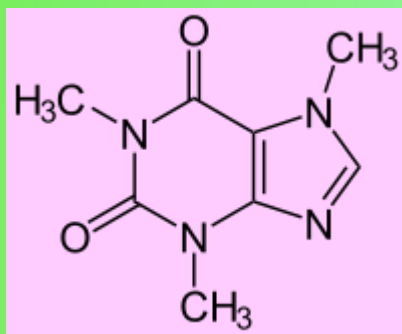
2,6-dihydroxypurin

3,7-dihydropurine-2,6-dion

Kofein



Obr.17



Obr.52



Obr.7

❑ oddaluje únavu (zvláště duševní), zbystřuje myšlení, zlepšuje koncentraci, působí jistou euforii

❑ Smrtelná dávka kofeinu je při orálním užití 150 mg/kg, to je pro 100 kg těžkou osobu 15 g (přepočítáno na kávu - 25 litrů.

# Kondenzované pyridinové systémy

Xantin



Obr.17

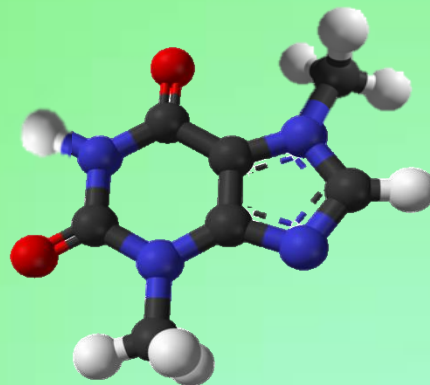
2,6-dihydroxypurin

3,7-dihydropurine-2,6-dion

Theobromin



Obr.17



Obr.53



Obr.54

❑ hořký alkaloid kakaovníku, vyskytující se v čokoládě

❑ hořký bílý (bezbarvý) krystalický prášek nerozpustný ve vodě

# Kondenzované pyridinové systémy

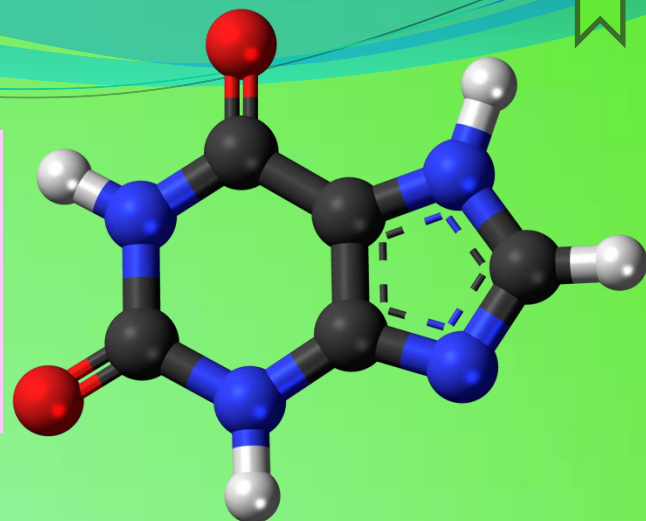
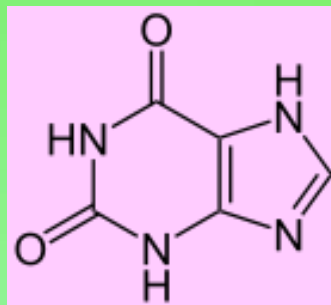
Xantin



Obr.17

2,6-dihydroxypurin

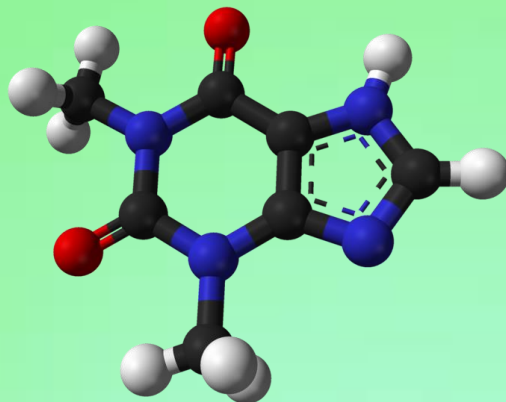
3,7-dihydropurine-2,6-dion



Theobromin



Obr.17



Obr.49

- ☐ přirozeně se nachází v čaji - pouze stopová množství
- ☐ látka používaná pro léčbu respiračních onemocnění - astma

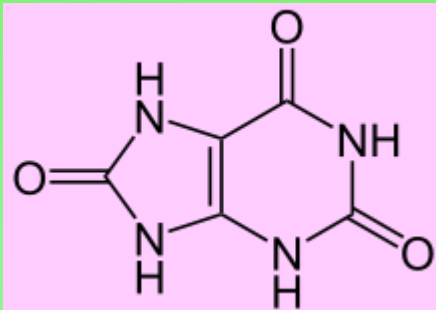
# Kondenzované pyridinové systémy

Kyselina močová

2,6,8-trioxypurin

2,6,8-trihydroxypurin

keto (oxo) forma



2,6,8-trioxypurin

enol forma



2,6,8-trihydroxypurin

❑ vyskytuje se ve dvou tautomerních formách

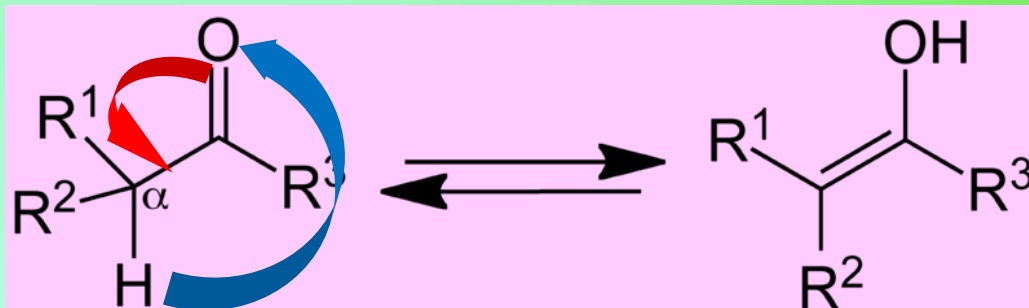
❑ tautomerizace - migrace atomu vodíku či protonu, doplněná prohozením jednoduché vazby a k ní přiléhající vazby dvojné

❑ soli se nazývají uráty

❑ bezbarvé krystaly

❑ bez zápachu

❑ málo rozpustná ve vodě a jiných rozpouštědlech





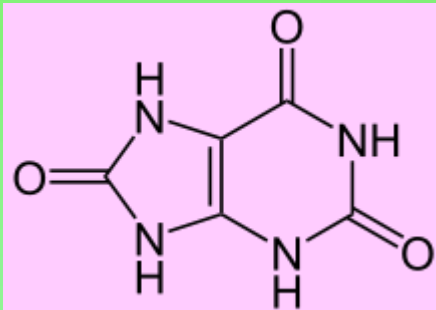
# Kondenzované pyridinové systémy

Kyselina močová

2,6,8-trioxypurin

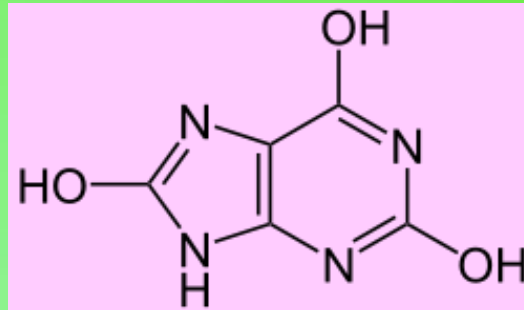
2,6,8-trihydroxypurin

keto (oxo) forma



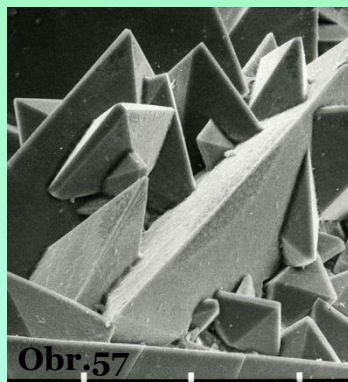
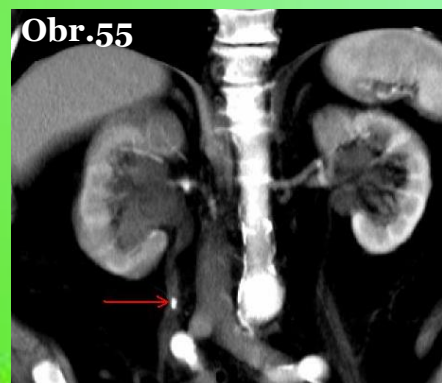
2,6,8-trioxypurin

enol forma



2,6,8-trihydroxypurin

- ❑ u plazů a ptáků je běžným produktem detoxikace amoniaku
- ❑ u savců je koncovým produktem metabolismu purinů
- ❑ porucha jejího metabolismu - močové či ledvinové kameny nebo dna





# Citace

- Obr.1** WRIGHT, Joseph. *Soubor: JosephWright-Alchemist.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 20.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JosephWright-Alchemist.jpg>
- Obr.2** MAVICA, Sony. *Soubor: Atropa bella-donna.jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atropa\\_bella-donna.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atropa_bella-donna.jpg)
- Obr.3** ZELL, H.. *Soubor: Hyoscyamus niger 0003.JPG - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyoscyamus\\_niger\\_0003.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyoscyamus_niger_0003.JPG)
- Obr.4** TAKA. *Soubor: Datura stramonium 2 (2005 07 07).jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Datura\\_stramonium\\_2\\_\(2005\\_07\\_07\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Datura_stramonium_2_(2005_07_07).jpg)
- Obr.5** RETAMA. *Soubor: Mandragora patata real.jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mandragora\\_patata\\_real.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mandragora_patata_real.jpg)
- Obr.6** ZELL, H.. *Soubor: Erythroxylum coca 002.JPG - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erythroxylum\\_coca\\_002.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erythroxylum_coca_002.JPG)
- Obr.7** SWEEP, Mark. *Soubor: Roasted coffee beans.jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roasted\\_coffee\\_beans.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roasted_coffee_beans.jpg)
- Obr.8** MY GRABDMA. *Soubor: Tabak 9290019.JPG - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tabak\\_9290019.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tabak_9290019.JPG)
- Obr.9** VIPIN, Challiyil Eswaramangalath Pavithran. *Soubor: Cigarette smoke.jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cigarette\\_smoke.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cigarette_smoke.jpg)
- Obr.10** MARKNESBITT. *Soubor: Papaversomniferum.jpg - Wikipedia Commons* [online]. [cit. 19.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papaversomniferum.jpg>
- Obr.11** DE: BENUTZER: QUELOKEE. *Soubor: Jako DNA Strukturní vzorec (německy) PNG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA\\_As\\_Structure\\_Formula\\_\(German\).PNG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_As_Structure_Formula_(German).PNG)
- Obr.12** PALLADIAN. *Soubor: Indigo rostlinný extrakt Sample.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo\\_plant\\_extract\\_sample.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo_plant_extract_sample.jpg)

# Citace

**Obr.13** STÜBER, Kurt. *Soubor: Indigofera tinctoria.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigofera\\_tinctoria.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigofera_tinctoria.jpg)

**Obr.14** УСИК, Николай. *Soubor: Civettictis Civetta 11.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Civettictis\\_civetta\\_11.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Civettictis_civetta_11.jpg)

**Obr.15** HENNING, Torsten. *Soubor:GHS-pictogram-flamme.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-flamme.svg>

**Obr.16** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-silhouete.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-silhouete.svg>

**Obr.17** HENNING, Torsten. *Soubor:GHS-pictogram-exclam.svg* - *Wikimedia* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-exclam.svg>

**Obr.18** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-skull.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-skull.svg>

**Obr.19** ARTHUR, Brian. *Soubor: ClovesDried.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ClovesDried.jpg>

**Obr.20** ZENZ, Rainer. *Soubor: Schweinsbraten-1.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schweinsbraten-1.jpg>

**Obr.21** ZENZ, Rainer. *Soubor: Mischbrot-1.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mischbrot-1.jpg>

**Obr.22** ORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-acid.svg* - *Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-rondflam.svg>

**Obr.23** ALANM1. *Soubor: Alexander Fleming 3.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander\\_Fleming\\_3.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Fleming_3.jpg)

**Obr.24** CRULINA 98. *Soubor: Penicillium notatum.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penicillium\\_notatum.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penicillium_notatum.jpg)

# Citace

**Obr.25** BUNCHOFGRAPES. *Soubor: Sušené Peppercorns.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dried\\_Peppercorns.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dried_Peppercorns.jpg)

**Obr.26** KRISHNAN, K Hari. *Soubor: Black Pepper (Piper nigrum) fruits.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 23.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black\\_Pepper\\_\(Piper\\_nigrum\)\\_fruits.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_Pepper_(Piper_nigrum)_fruits.jpg)

**Obr.27** TORSTEN HENNING. *Soubor:GHS-pictogram-pollu.svg - Wikipedie* [online]. [cit. 1.2.2013].

Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:GHS-pictogram-pollu.svg>

**Obr.28** B.TRAEGER. *Soubor: Jasminum officinale.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jasminum\\_officinale.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jasminum_officinale.JPG)

**Obr.29** POLLINATOR. *Soubor: Robina9146.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robina9146.JPG>

**Obr.30** SHEBS, Stan. *Soubor: Rosa Perfect Moment 1.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosa\\_Perfect\\_Moment\\_1.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosa_Perfect_Moment_1.jpg)

**Obr.31** FINCH (ELF), Ellen Levy. *Soubor: OrangeBloss wb.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:OrangeBloss\\_wb.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:OrangeBloss_wb.jpg)

**Obr.32** MINH, Peter. *Soubor: Cay Ma Tien MUA ra trái.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:C%C3%A2y\\_M%C3%A3\\_Ti%E1%BB%81n\\_m%C3%B9a\\_ra\\_tr%C3%A0i.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:C%C3%A2y_M%C3%A3_Ti%E1%BB%81n_m%C3%B9a_ra_tr%C3%A0i.jpg)

**Obr.33** H. ZELL. *Soubor: Strychnos nux-vomica 001.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strychnos\\_nux-vomica\\_001.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Strychnos_nux-vomica_001.JPG)

**Obr.34** GRAY, William M.. *Soubor: Auxin.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Auxin.jpg>

**Obr.35** TLEONARDI. *Soubor: Platelets.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platelets.jpg>

**Obr.36** STROE, David. *Soubor: Indigo cake.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo\\_cake.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo_cake.jpg)

# Citace

- Obr.37** ALUPUS. *Soubor: Isatis tinctoria habitus.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isatis\\_tinctoria\\_habitus.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isatis_tinctoria_habitus.jpg)
- Obr.38** MERLE, Michael. *Soubor: Indigo Leukoform.png* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo\\_Leukoform.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indigo_Leukoform.png)
- Obr.39** LOGGIE-LOG. *Soubor: IndigoDyedYarn.JPG* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:IndigoDyedYarn.JPG>
- Obr.40** DEVOUARD, Florence. *Soubor: Targui.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Targui.jpg>
- Obr.41** DANNY S.. *Soubor: Chininhydrochlorid Danny S. - 001.JPG* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chininhydrochlorid\\_by\\_Danny\\_S.\\_-001.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chininhydrochlorid_by_Danny_S._-001.JPG)
- Obr.42** H. ZELL. *Soubor: Cinchona officinalis 001.JPG* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cinchona\\_officinalis\\_001.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cinchona_officinalis_001.JPG)
- Obr.43** SPLARKA. *Soubor: Tonic uv.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tonic\\_water\\_uv.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tonic_water_uv.jpg)
- Obr.44** KADEREIT, Hans. *Soubor: Sprühpfaster.JPG* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spr%C3%BChpfaster.JPG>
- Obr.45** BRIANog18™. *Soubor: ADN animation.gif* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADN\\_animation.gif](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADN_animation.gif)
- Obr.46** KARWATH, André. *Soubor: Red Wine Glas.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 8.4.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red\\_Wine\\_Glas.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Red_Wine_Glas.jpg)
- Obr.47** KARWATH, André. *Soubor: Bílé víno Glas.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 22.4.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:White\\_Wine\\_Glas.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:White_Wine_Glas.jpg)
- Obr.48** BAUER, Scott. *Soubor: Bramborový plant.jpg* - *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013]. Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potato\\_plant.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potato_plant.jpg)



# Citace

**Obr.49** HÜCKELHEIM, Arne. *Soubor: TeaLeaves.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TeaLeaves.JPG>

**Obr.50** AUTOR NEUVEDEN. *Soubor: Ilex paraguariensis - Yerba mate - sest-leaves.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ilex\\_paraguariensis\\_-\\_Yerba\\_mate\\_-\\_desc-leaves.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ilex_paraguariensis_-_Yerba_mate_-_desc-leaves.jpg)

**Obr.51** T.PIVECKA. *Soubor: Detail yerba maté.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Detail\\_yerba\\_mat%C3%A9.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Detail_yerba_mat%C3%A9.JPG)

**Obr.52** ATTRIBUTION. *Soubor: Caffeine USP.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caffeine\\_USP.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caffeine_USP.jpg)

**Obr.53** RHAESSNER. *Soubor: Kakaofruechte.JPG - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kakaofruechte.JPG>

**Obr.54** FIR0002. *Soubor: Chocolate02.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chocolate02.jpg>

**Obr.55** MBQ. *Soubor: MBq Harnleiterstein.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MBq\\_Harnleiterstein.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MBq_Harnleiterstein.jpg)

**Obr.56** MONSTER4711. *Soubor: 2012-10-15 Nierenstein 3.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2012-10-15\\_Nierenstein\\_3.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2012-10-15_Nierenstein_3.jpg)

**Obr.57** KEMPF EK. *Soubor: Rasterelektronenmikroskopische Abbildung der Oberfläche eines Nierensteins.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rasterelektronenmikroskopische\\_Abbildung\\_der\\_Oberfl%C3%A4che\\_eines\\_Nierensteins.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rasterelektronenmikroskopische_Abbildung_der_Oberfl%C3%A4che_eines_Nierensteins.jpg)

**Obr.58** GONZOSFT. *Soubor: Podagra.jpg - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Podagra.jpg>

**Obr.59** HELLERHOFF. *Soubor: Gichtfuss im Roentgenbild 002.png - Wikimedia Commons* [online]. [cit. 1.5.2013].

Dostupný na WWW: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gichtfuss\\_im\\_Roentgenbild\\_002.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gichtfuss_im_Roentgenbild_002.png)

**Obr.60**