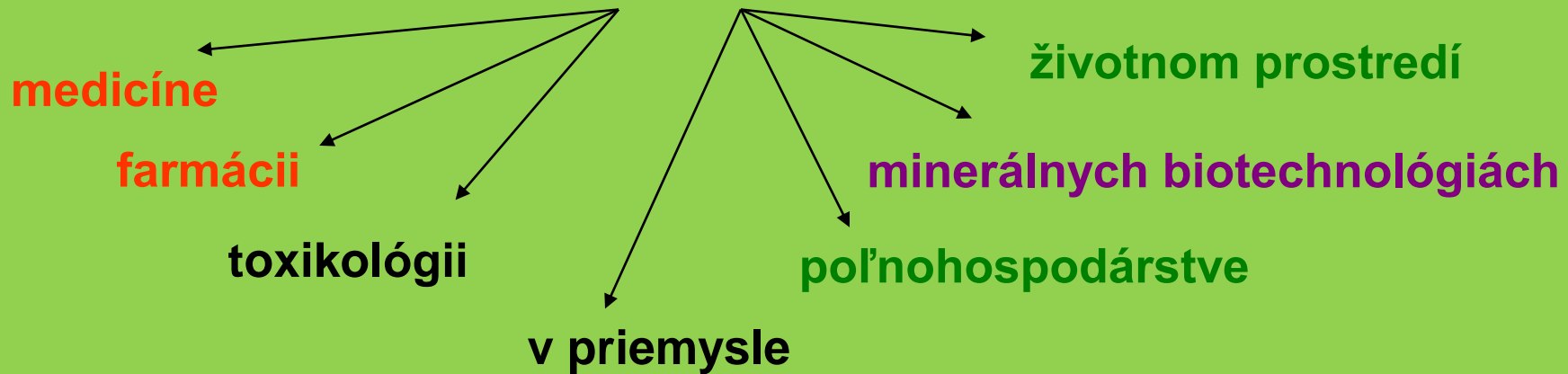


# Bioinorganická chémia

## Využitie poznatkov bioanorganickej chémie v praxi



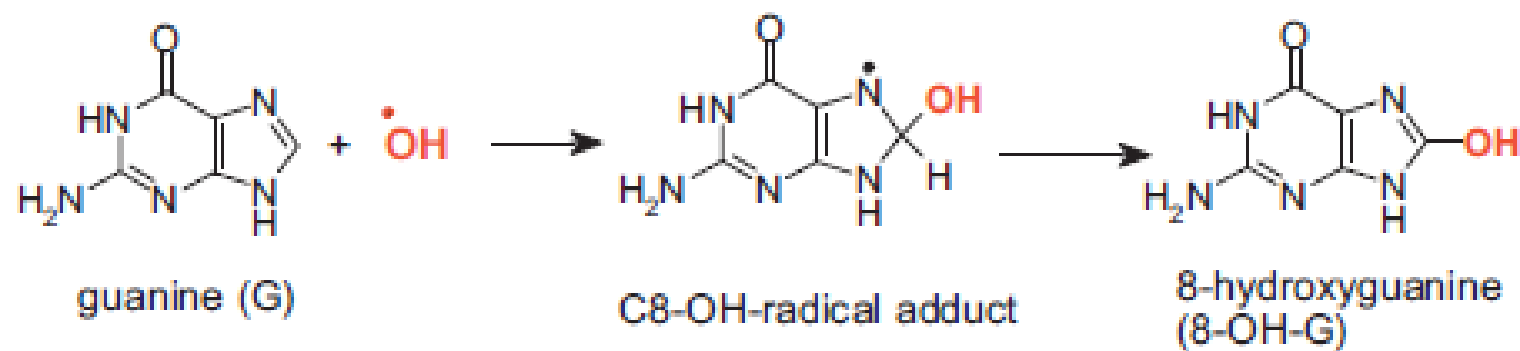
# Využitie bioanorganickej chémie v medicíne a farmácii

- potreba udržiavania koncentrácie biokovov normálne fungujúceho organizmu na presne určených hladinách.

**Nedostatok aj nadbytok biokovov spôsobuje množstvo ochorení**

# Oxidačný stres a železo

- Redox stav v bunke je v podstate závislý na redox pároch  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Cu}^{+}/\text{Cu}^{2+}$ , ktorých množstvo je striktne udržiavané vo fyziologických limitách.
- V prípade ich nadbytku (ochorenie hemochromatizmus) dochádza k vážnemu poškodzovaniu orgánov.
- Toxický efekt voľného železa je daný jeho schopnosťou katalyzovať prostredníctvom Fentonovej reakcie tvorbu škodlivých reaktívnych voľných radikálov.
- $\text{Fe(II)} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe(III)} + \cdot\text{OH} + \text{OH}^-$
- $\text{Cu(I)} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Cu(II)} + \cdot\text{OH} + \text{OH}^-$  (Fenton)



**Fig. 1.** Reaction of guanine base with hydroxyl radical.

**Lóny kovov (nie biokovy) tiež vyvolávajú toxické účinky na organizmus - spomedzi kovov vynikajú vysokou toxicitou a značným výskytom **ortuť, olovo a kadmium**.**

**Hg:** dostáva sa do prostredia z:

- elektrochemických ortuťových a amalgámových elektród a elektrotechnických zariadení.

**Pb:** v minulých rokoch priemyselnou výrobou

- akumulátorov (batérie)
- zliatin obsahujúcich olovo
- optických skiel
- farbív (olovnatá beloba  $\text{Pb}(\text{CO}_3) \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ , mínium  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )
- vo veľkej miere aj v dôsledku organometalických látok (tetraetylolo  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ), využívaných v automobilovej doprave ako prísada palív.

**Cd:** Znečistenie okolitého prostredia kadmikom súvisí s priemyselnou výrobou, napr.

- výrobou Ni/Cd batérií,

Tieto batérie sa využívajú čoraz zriedkavejšie. Ich uplatnenie je najmä sektore elektronických



zariadení, napr. lacné mobilné telefóny a nabíjateľné batérie.

- farbív (CdS, CdSe),
- metalurgickým priemyslom.

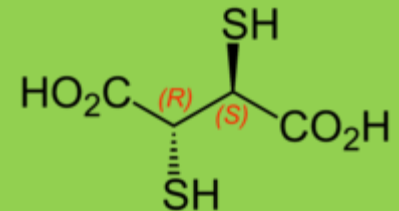
Kademnaté ióny sú chemicky podobné s dvoma dôležitými biokovovými iónmi, a to  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Zn}^{2+}$  a môžu ich v biosystémoch substituovať.

# Chelatačná terapia

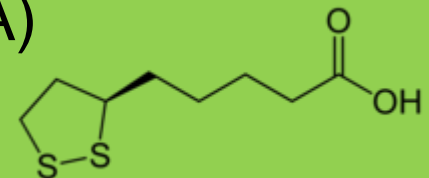
- **Chelatačná terapia** sa používa pri otravách ťažkými kovmi ako sú ortuť, arzén, olovo, urán, plutónium, a ďalšie, ale aj v prípade nadbytku biokovov napr. železo (v prípade ochorenia talasémia – porucha krvotvorby, tvorí sa nadbytok hemoglobínu), meď (Wilsonova choroba)
- **Chelatačné činidlo** – organické zlúčeniny schopné svojim chelátovým efektom viazať ión kovu, podáva sa intravenózne, intramuskulárne alebo orálne podľa typu činidla ako aj toxického kovu

# Chelatačné činidlá

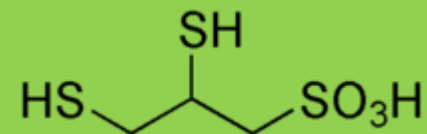
- Kyselina *mezo*-2,3-dimerkaptojantárová (DMSA)



- Kyselina lipoová (6,8-ditioooktanová) (ALA)



- Kyselina 2,3-dimerkapto-1-propán sulfónová (DMPS) a jej sodná soľ (Unitiol)





# Chelatačné činidlá

- Kyselina etyléndiamíntetraoctová (EDTA)

Má veľa aplikácií

- Používa sa na rozpúšťanie vodného kameňa
- Ako „izolátor“  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  iónov – ostávajú v roztoku ako menej reaktívne
- V textilnom priemysle – komplexuje kovy, ktoré sú nečistotou
- V papierenskom priemysle – reguluje koncentráciu  $\text{Mn}^{2+}$ , ktorý sa používa pri katalyzovaní disproporcionácie  $\text{H}_2\text{O}_2$  pri bielení papiera (aj iné bieliace činidlá)
- Potravinársky priemysel – zabraňuje katalytickému oxidačnému odfarbovaniu, ktoré je katalyzované iónmi kovov, v nápojoch s kyselinou askorbovou a benzoátom sodným zabraňuje tvorbe benzénu (karcinogén)

# Biominerály a biomateriály

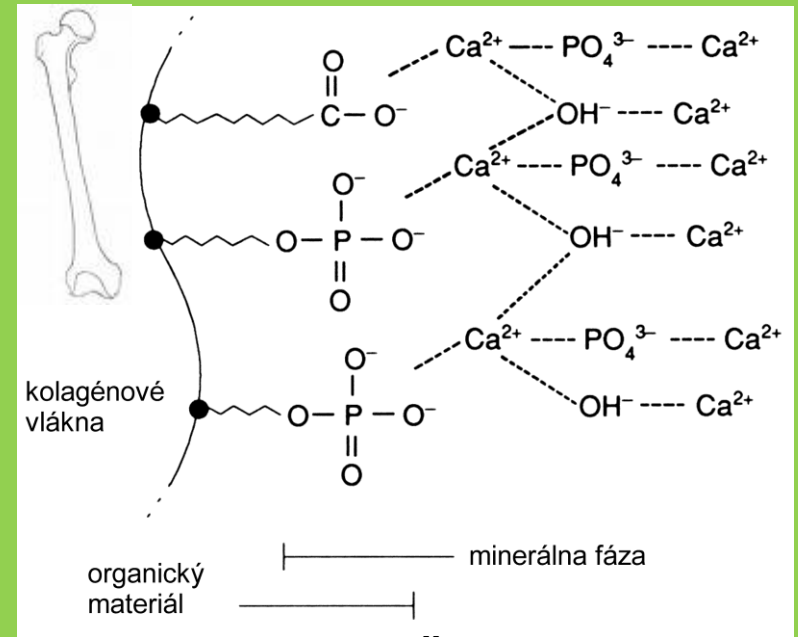
**Zloženie endoskeletov:**

**biominerály:**

**hydroxyapatit**  $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$

**fluoroapatit**  $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$

**Karbonátoapatit**  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$



**Štruktúra kostí**

**Syntetické biomateriály majú rovnaké alebo podobné zloženie ako kosti**

Medzi **anorganické biomateriály** vhodné na implantáciu do živých organizmov patria **bioaktívne materiály, pripravené zvyčajne na báze vápenatých a fosforečnanových iónov a korundové materiály, ktoré sa považujú za bioinertné materiály.**

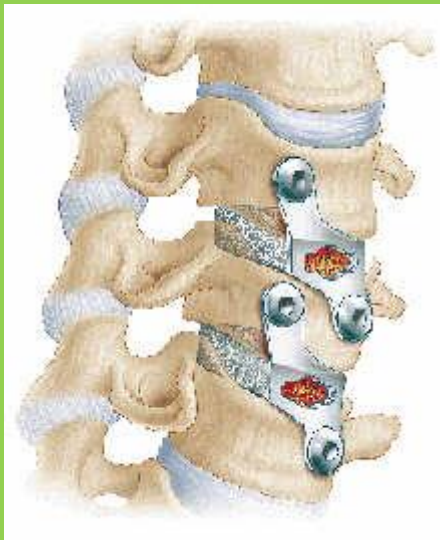
### **bioaktívne materiály vápenatofosforečnanového typu**

<b>chemické zloženie</b>	<b>názov biomateriálu*</b>	<b>pomer Ca:P</b>
<b><math>\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2</math></b>	<b>monokalciium fosfát</b>	<b>0,5</b>
<b><math>\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2</math></b>	<b>trikalciium fosfát</b>	<b>1,5</b>
<b><math>\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></b>	<b>oktakalciium fosfát, dihydrát</b>	<b>1,3</b>
<b><math>\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6</math></b>	<b>hydroxyapatit</b>	<b>1,67</b>
<b><math>\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6</math></b>	<b>fluoroapatit</b>	<b>1,67</b>

Medzi biotolerantné materiály sa zaraďujú kovy a ich zliatiny, ako napr. zlato, platina, titánové materiály a iné.

**Titán a jeho zliatiny** vďaka ich vynikajúcim vlastnostiam, odolnosti voči korózii, dobrým mechanickým vlastnostiam – alesticita približne ako kosť, biokompatibilite (zlúčiteľnosti, znášateľnosti so živým tkanivom) majú široké spektrum využitia v praxi.

- **dentálne** fixné a vyberateľné protézy, korunky
- **chirurgické implantáty** (umelé klby a i.).



implantáty chrbtice  
Vyrobené z titanu alebo  
zliatiny obsahujúcej titan



Zubné korene  
zhotovené z titanu

# Dentálne materiály

## Kovy a ich zliatiny

- Kovové zliatiny delíme do dvoch základných skupín:
- Zliatiny ušľachtilých kovov – zaradujú sa tu kovy skupiny medi (*Au*, *Ag*, *Cu*) a skupiny platiny (*Pt*, *Pd*, *Ir*, *Os*, *Rh*, *Ru*)
- Zliatiny všeobecných kovov – najvýznamnejšie sú kobalt, chróm, nikel, molybdén, mangán, železo, titán, vanád a volfrám.

# Dentálne materiály

## Dentálna keramika

- Prvýkrát bola použitá v 18. storočí.
- V dnešnej dobe je najvyužívanejším materiálom na zhotovovanie zubných náhrad.
- Je vysoko estetický biokompatibilný materiál s vysokou trvanlivosťou.

# Zložky dentálnej keramiky

Látka	Vzorec	Obsah v dentálnej keramike [%]	Funkcia
Kaolín	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	3-5	po zmiešaní s vodou spôsobuje tvarovateľnosť masy vďaka svojej lepidivosti
Kremeň	$SiO_2$	12-22	zabezpečuje stabilitu a tvar pri pálení, je vnútornou pevnou štruktúrou
Živec	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	72-75	spojovací materiál, tavidlo, zvyšuje pevnosť

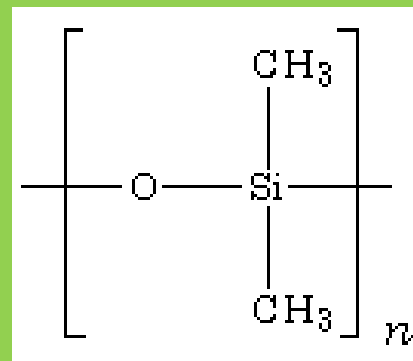
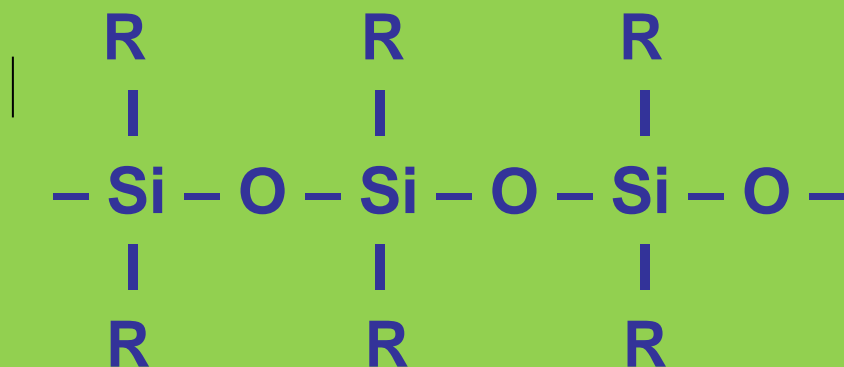
# Dentálne cementy

P.č.	Druh cementu	Synonymické pomenovanie	
1.	Zinkoxidfosfátové cementy	Zinkfosfátové cementy, fosfátové cementy (zinc phosphate cement)	
2.	Zinkoxideugenolové cementy	ZOE, EBA, IRM cementy (zinc oxide-eugenol cements)	
3.	Zinoxidsulfátové cementy	Fletcher cementy	
4.	Živicové cementy	Kompozitné a adhezívne živice (composites and adhesive resins)	
5.	Polykarboxylátové cementy	Polyakrylátové cementy, zinkoxid-polykarboxylátové cementy (zinc polyacrylate cements)	
6.	Kalciumsalicylátové cementy	_____	
7.	Silikátové cementy	_____	
8.	Skloionomerné cementy	Sklopolyalkenoátové cementy, GIC (glass ionomers cements)	



# Siloxány (technický názov silikóny)

Siloxány (silikóny) sú anorganicko-organické polyméry chemického zloženia  $[R_2SiO]_n$ .



Kde R môže byť organická skupina: metyl, etyl i iná alebo skupina  $-OH$ .

Podľa štruktúry, podľa dĺžky reťazcov môžu byť kvapalné, gélovité, tuhé. Sú hydrofóbne (odpuďujú vodu). Pre živé organizmy sú neškodné.

# Praktické využitie siloxánov je veľmi široké:

- **V stavebníctve**, zabraňujú prenikaniu vlhkosti .
- **V priemysle**, majú elastické vlastnosti, znášajú vyššie teploty a sú takmer nehorľavé, rôzne tesnenia, výstelky nádob,
- **V medicíne** ma výrobu chirurgických implantátov.  
Hydrofóbne vlastnosti siloxánov je možné utlmiť tým, že na určité percento Si atómov sú naviazané skupiny  $-OH$ .
- **Kvapalné alebo polotuhé siloxány** sú známe ako silikónové oleje príp. silikónové tuky.



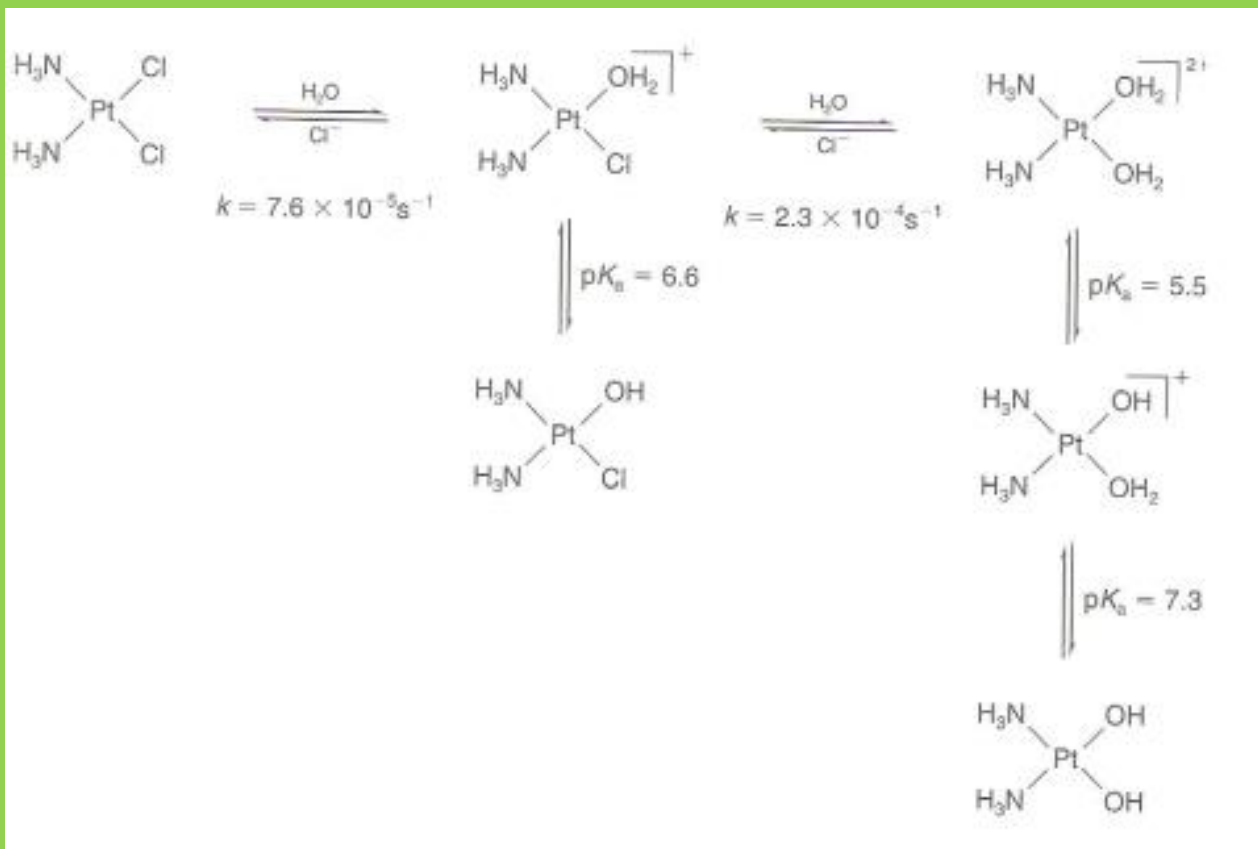
# Antimikrobiotiká

- Rezistencia = motivácia pre tvorbu nových ATB, napr. na báze iónov kovov
- Cieľ – príprava širokospektrálnych a multifunkčných prípravkov
- Synergický efekt – kombinácia biologicky vhodného ligandu s antimikrobiálnym kovom ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$ ).
- Tri prístupy pre výber ligandu:
  1. transportéry – transport kovu k infektu
  2. nosiče - transport kovu a postupné uvoľnenie
  3. multifunkčné ligandy = transportéry, nosiče, antibiotiká, analgetiká zároveň

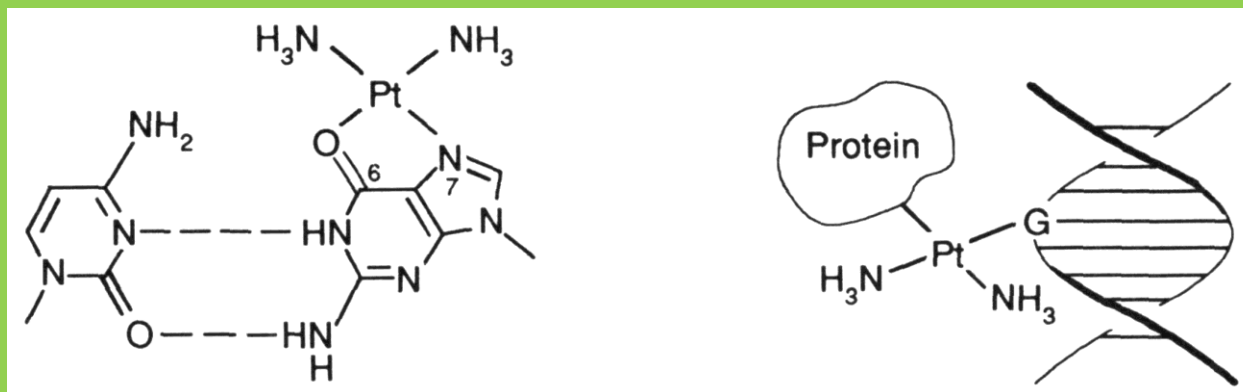
# Antikarcinogeniká

- *Cisplatina* - jeden z najpoužívannejších liekov proti rakovine testikulárneho nádoru (semeník) a karcinómu vaječníkov (ovarian carcinoma).
- Prvýkrát bola použitá pri liečbe genitálno-močového nádoru v roku 1978 a je často používaná v kombinácii s jedným, dvoma alebo dokonca štyroma organickými protinádorovými liečivami - *5-fluorouracil, cyclofosfamide alebo gemcitabin*.
- Testiculárny nádor je zväčša *cisplatinou* vyliečiteľný

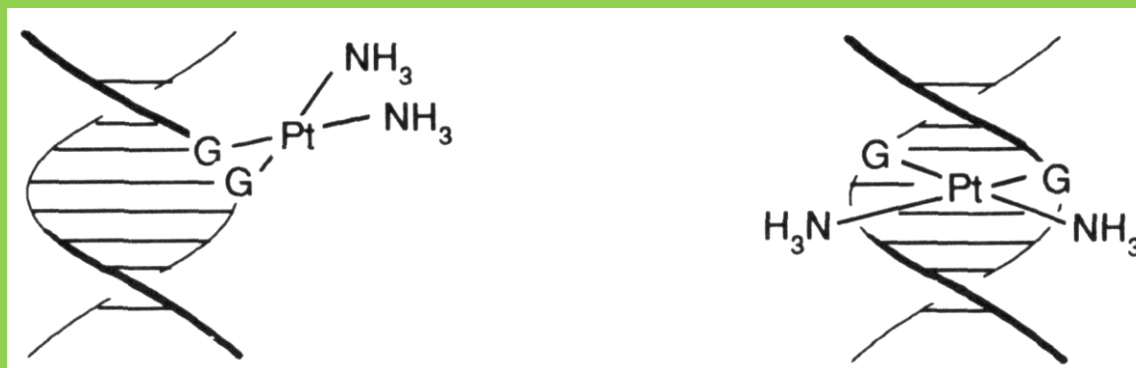
# Chémia *Cisplatiny*



**Nukleové kyseliny majú schopnosť koordinácie s kovovým iónom.**  
**Cis-platinový preparát pôsobí v bunke na DNA, čím dochádza k inhibícii bunkového delenia**



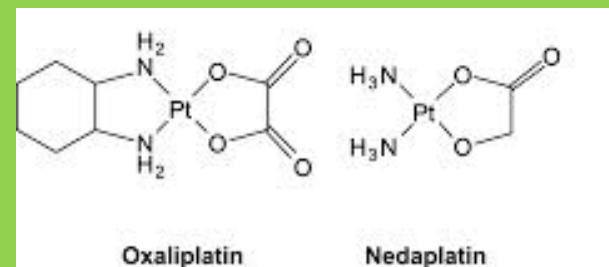
chelátová koordinácia  
na guanin



Rôzne spôsoby väzby medzi cis-[Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> a guanínom.

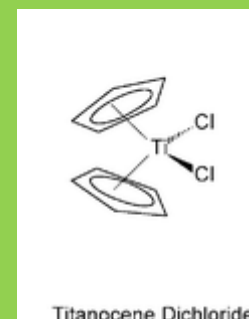
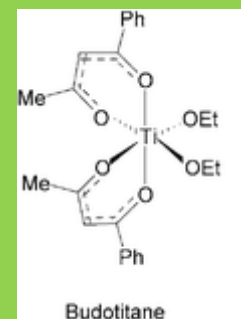
# Nová generácia liečiv na báze Pt

- *Carboplatina* bola klinicky použitá ako druhé protinádorové liečivo na báze Pt.
- Je menej toxická
- Tretím klinicky používaným liečivom je *Nedaplatina*, ktorá obsahuje chelátový glykolátový ligand.
- *Oxaliplatin* s obchodným názvom Eloxatin sa začala klinicky používať v auguste 2002 na liečenie metastázujúceho karcinómu hrubého čreva v kombinácii s 5-fluorouracilom a leucovorinom (5-FU/LV). Liečivá sú podávané infúziou.



# Generácia liečiv na báze Pd, Ti

- **Paladnaté komplexy** sú obvykle isoštruktúrne s platnatými, avšak substitučné reakcie sú značne rýchlejšie ako u platnatých ( $\sim 10^4$ - $10^5$  krát) a preto až na niektoré výnimky, majú Pd(II) komplexy tendenciu podliehať vedľajším reakciám, skôr ako sa dostanú k cieľu teda do DNA.
- Oktaedrické **titaničité komplexy budotitanu** (Obr.) ukázali sľubnú aktivitu voči zápalovému karcinómu konečníka a (colorectal carcinoma) a vstúpil do I fázy klinického testovania v roku 1986. Izomér **cis** je v roztoku dominantným.
- **Nevýhoda** - *Budotitán* sa podrobuje rapídny akvatačným reakciám vo vode (polčas života  $\sim 20$  s) s výslednou tvorbou  $\text{TiO}_2$ . Následne sa tvoria micely v snahe predísť hydrolýze, čo zastavilo ich klinické testovanie.





# Generácia liečiv na báze Ru

- Oktaedrické Ru(III) komplexy  $\text{cis-[RuCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$  a  $\text{fac-[RuCl}_2(\text{NH}_3)_3]$  sa ukázali byť excelentnými protinádorovými liečivami, avšak sú príliš málo rozpustné pre farmaceutické použitie.
- Rozpustnosť môže narastať s narastajúcim počtom chloridových ligandov. *Trans* komplexy typu  $(\text{LH})[\text{Ru}^{\text{III}}\text{Cl}_4\text{L}_2]$ , kde L predstavuje imidazol (Im) alebo indazol vykazujú excelentnú aktivitu proti množstvu nádorov.
- Oktaedrické Ru(III) a dokonca Ru(IV) polyamínkarboxylátové komplexy sú dobre rozpustné vo vode a sú aktívne protinádorové činidlá.
- Príkladmi sú  $[\text{Ru}^{\text{IV}}(\text{cdta})\text{Cl}_2]$  a  $\text{cis-[Ru}^{\text{III}}(\text{ptda})\text{Cl}_2]$ , kde cdta = 1,2-cyclohexanediáminetetraacetate a ptda = 1,2 – propylenediáminetetraacetate.

# Generácia liečiv na báze Ga, Sn a As

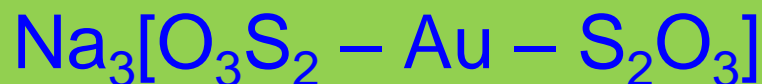
- Vnútrožilovo podávaný **dusičnan galitý** je efektívnym liečivom pre niektoré typy nádorov, hyperkapnie (hypercalcemia-vysoký obsah oxidu uhličitého v krvi) a Pagetovej choroby kostí (Táto choroba sa vyznačuje časťami neúmernej kostnej deštrukcie, nahradzovanými mäkkou a zväčšenou kostnou štruktúrou, čo znamená že kosti sú hrubé, rozšírené, deformované a krehké).
- Podobná zlúčenina **[Ga(8-hydroxyquinoline)<sub>3</sub>]** (KP46) vstúpila do klinického testovania ako perorálne podávané protinádorové liečivo v roku 2003.
- Najsľubnejšími protinádorovými komplexami cínu sú diorganociničité komplexy, napr. **DibutylSn(IV)glycylglycinát**. Mechanizmus pôsobenia týchto komplexov je neznámy.

# Generácia liečiv na báze Ga, Sn a As

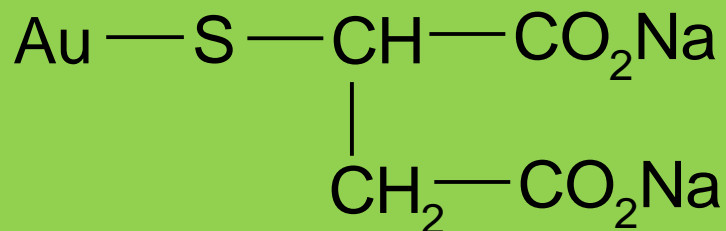
- Zlúčeniny arzénu - len toxické ???
- v časti Číny je  $\text{As}_2\text{O}_3$  liečivom pre liečenie akútnej promyelocytickej leukémie dávajúc “kompletnú remisiu u väčšiny pacientov”.
- V roku 2000 -  $\text{As}_2\text{O}_3$  (pod obchodným názvom Trisenox) odsúhlasený pre použitie v USA. Roztoky oxidu arzenitého môžu byť podané infúziou v koncentrácii 1-2  $\mu\text{M}$  v krvnej plazme
- Bunkové liečenie vedie ku kolapsu mitochondriálneho membránového potenciálu, odblokovaniu *cytochrómu c* do vnútra cytozolu, a k apoptóze.
- As(III) sa ochotne podrobuje oxidačnej metylácii v bunkách:
- $$\text{As}(\text{OH})_3 + (\text{CH}_3^+) \rightarrow \text{CH}_3\text{As}^{\text{V}}\text{O}(\text{OH})_2 \xrightarrow{2\text{e}^-} \text{CH}_3\text{As}^{\text{III}}(\text{OH})_2 \xrightarrow{(\text{CH}_3^+)} \text{atd'}$$

# Zlúčeniny zlata - liečenie reumatických ochorení.

Začiatkom minulého storočia (v roku 1924) sa použil tiosíranový komplex s  $\text{Au}^I$ , nazývaný **sanocrysin** pri liečbe tuberkulózy:



Neskôr sa začal používať pri liečbe reumatických ochorení **myochrisin**



# Zobrazovanie a diagnostika

- **Počítačová tomografia (CT)**
- **Pozitrónová emisná tomografia (PET)**
- **Jednofotónová emisná počítačová tomografia (SPECT)**
- **Magnetická rezonancia (MRI)**

- **Počítačová tomografia** (angl. *Computed (axial) Tomography*, skr. CT) je rádiologická vyšetrovacia metóda, ktorá pomocou röntgenového žiarenia umožňuje zobrazenie vnútra ľudského tela.
- **Pozitrónová emisná tomografia** PET je zobrazovacia technológia vyvinutá na zobrazovanie a meranie biochemických procesov, Nesleduje tvar orgánov, ale ich funkciu. Deteguje  $\gamma$ -fotóny letiace opačnými smermi.
- **SPECT (Single Photon Emmision Computer Tomography)** je medicínska zobrazovacia metóda, podobná pozitronovej emisnej tomografii. Deteguje  $\gamma$ -fotóny. Obrázky sú veľmi podobné PET. Využíva sa na získanie trojrozmerných informácií pri zobrazovaní tumorov, infekcií (leukocytov) alebo kostného tkaniva.

# Počítačová tomografia (CT)

- Zobrazovanie počítačovou tomografiou sa používa, keď rozličné tkanivá rozdielne absorbujú röntgenové lúče počas ich prechodu organizmom.
- V podstate ide o obyčajné röntgenové snímky, avšak zdroje röntgenových lúčov a detektor rotujú okolo človeka a robia tieto snímky z rozličných uhlov.
- Spracovaním získaných dát – intenzity žiarenia na jednotlivých snímkach – je možné rekonštruovať trojrozmerné zobrazenie pacienta.

# Počítačová tomografia (CT)

- *1. nevýhoda* CT - vysoká radiačná dávka potrebná na vytvorenie zobrazenia = škodlivé
- Preto nie je vhodné zobrazovanie opakovať, čo je v niektorých prípadoch veľmi dôležité – napríklad sledovanie hojenia zlomeného stavca.
- *2. nevýhoda* CT - relatívne slabý kontrast pri zobrazení mäkkého tkaniva – svalov, vnútorných orgánov, preto je často potrebné vstreknúť kontrastnú látku obsahujúcu jód na odlíšenie orgánov alebo nádorov – dobre vidieť tie miesta, kde sa jód nachádza.



# Pozitrónová emisná tomografia (PET)

- PET je zobrazovacia technológia vyvinutá na zobrazovanie a meranie biochemických procesov u živočíchov. Nepozera sa teda na to, ako orgány vyzerajú, ale na to, ako pracujú.
- Niektoré rádioaktívne látky premenia svoj protón na neutrón, pričom sa emituje jeden pozitron  $e^+$  a neutríno  $\nu$ . Tento proces sa označuje ako  $\beta^+$  premena. Pozitron po fúzii s elektrónom (anihilácia) poskytuje dva  $\gamma$ -fotóny letiace opačnými smermi.
- Tie sú následne detegované scintilačnými detektormi. V prípade, že dva oproti sebe postavené detektory zaznamenajú fotón (scintilujú), získame predstavu, že na priamke ktorá je preložená danými detektormi došlo k anihilácii.
- Detektory sú v kruhu okolo pacienta = môžeme získať predstavu o tom, kde presne daná anihilácia nastala a tak lokalizovať radiofarmakum v tele pacienta.

# Jednofotónová emisná počítačová tomografia (SPECT)

- SPECT (Single Photon Emmision Computer Tomography) je medicínska zobrazovacia metóda, podobná pozitronovej emisnej tomografii. Aj získané obrázky sú veľmi podobné.
- Namiesto pozitrónu však využíva fakt, že pri rozpade jadier niektorých nuklidov dochádza priamo k vyžiareniu  $\gamma$ -žiarenia. Kamery rotujúce okolo pacienta zachytávajú  $\gamma$ -fotóny a zo získaných údajov pomocou počítača vytvorí trojrozmerné zobrazenie rozmiestnenia rádionuklidu, ktorý sa podobne ako pri PET musí pacientovi podať injekciou alebo vdýchnutím. Tieto látky sú však relatívne ťažké izotopy, pre človeka škodlivé.
- SPECT sa využíva na získanie trojrozmerných informácií pri zobrazovaní tumorov, infekcií (leukocytov) alebo kostného tkaniva. Sledovaním distribúcie značenej chemickej látky v mozgu je tiež možné odhaliť napríklad demenciu alebo Alzheimerovu chorobu.

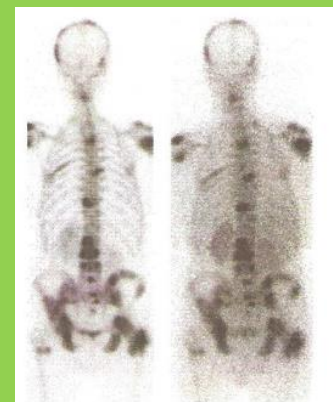
Na zobrazovanie týmito metódami sa používajú rádionuklidy:

**PET:**  $^{32}\text{P}$  (14.3 dňa),  $^{47}\text{Sc}$  (3.3 dňa),  $^{64}\text{Cu}$  (0.5 dňa),  $^{67}\text{Cu}$  (2.6 dňa),  $^{131}\text{I}$  (8 dní),

**SPECT:**  $^{67}\text{Ga}$  (3.3 dňa),  $^{111}\text{In}$  (2.8 dňa),  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (6 h),  $^{201}\text{Tl}$  (3 dni).

Podávajú sa v podobe soli alebo komplexov iónov kovov.

- $^{32}\text{P}$ -ortofosfát,
- $^{89}\text{Sr}$ -stroncium chlorid (podobná chémia  $\text{Ca(II)}$  a  $\text{Sr(II)}$ )
- fosfonátové komplexy rádionuklidov  $^{153}\text{Sm}$  a  $^{186}\text{Re}$  = typické fosfonátové ligandy -
  - hydroxyethylidene-1,1-difosfonát (HEDP)
  - ethylenediaminetetramethylenephosphonate (EDTMP)



**Fig. VII.12.** Scintigrams of a patient with prostatic cancer. (a) After dosing with  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -hydroxymethylenediphosphonate (imaging), and (b) after dosing with  $^{186}\text{Re}$ -hydroxyethylidene-1,1-diphosphonate (therapy). The

# Magnetická rezonancia

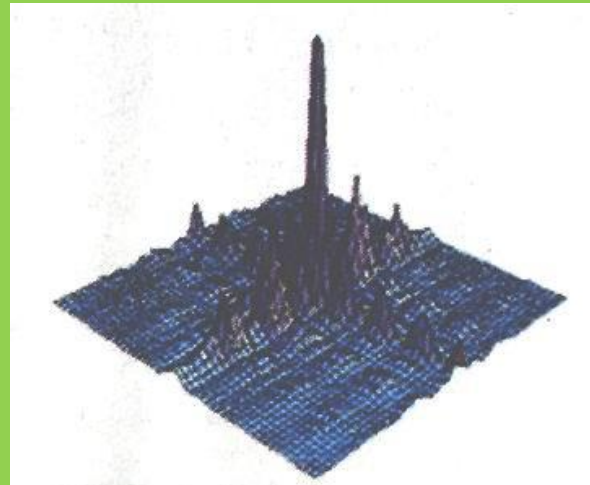
- **Zobrazovanie magnetickou rezonanciou** (skr. *MR* alebo *MRI* - z anglického „*magnetic resonance imaging*“) je moderná rádiologická metóda, ktorá umožňuje diagnostikovať patologické zmeny v ľudskom organizme bez toho, aby bolo nutné narušiť jeho integritu (operáciou či inou invazívnou metódou).
- Pacient v silnom homogénnom magnetickom poli,
- do tela je vyslaný krátky rádiovfrekvenčný impulz
- po jeho skončení sa sníma slabý signál,
- rekonštrukcia samotného obrazu.

# Princíp zobrazovania

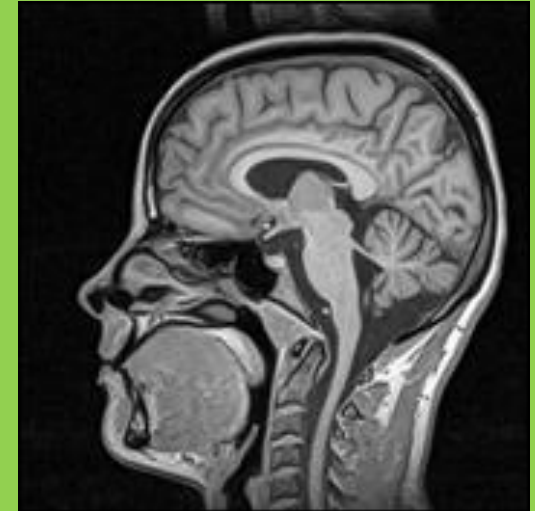
objekt



namerané dáta



NMR obraz



magnetické pole



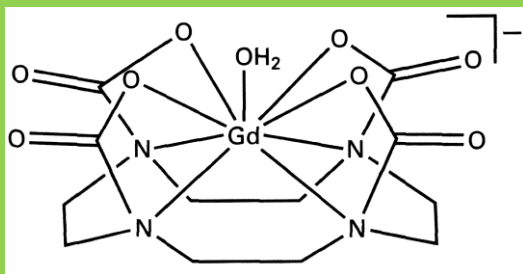
Signály NMR  
-excitácia a detekcia



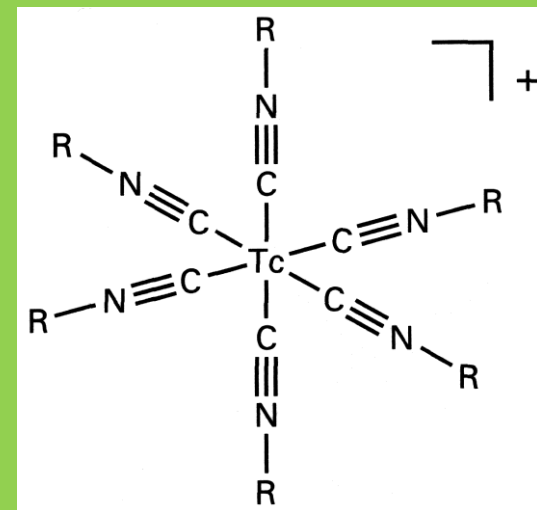
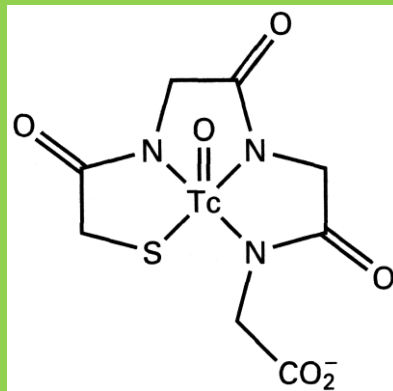
Spracovanie dát  
- transformácia

Signály sa detekujú a uložia do pamäti počítača, ktorý na báze rekonštrukčných algoritmov vypočíta výsledný obraz.

- **Kontrastná látka** je rádiologický termín, ktorý sa používa pre tekutiny, plyny alebo tuhé substancie, ktoré zlepšujú kontrast a vzájomnú odlišiteľnosť dvoch orgánov alebo tkanív. Ich funkciou je **ovplyvňovanie relaxačného času protónov**.
- Sú rôzne:
- Nízkomolekulové – komplexy na báze Gd a Tc
- Vysokomolekulové – na báze oxidov železa



Gd Dotarem



# Minerálne biotechnológie

Názvom minerálne biotechnológie sa vo všeobecnosti označujú všetky technologické postupy

- ťažobné
- úpravnícke
- a spracovateľské,

v ktorých sa pre dosiahnutie potrebnej kvalitatívnej zmeny anorganických, ale aj organických nerastných surovín a ich odpadov, využívajú mikroorganizmy (MO) alebo produkty ich metabolizmu.

**Priamym dôsledkom biologicko – chemických reakcií je porušenie štruktúry pôvodného minerálu alebo odpadu extrakciou niektorých prvkov mikroorganizmami až po úplnú degradáciu štruktúry a následnú transformáciu na kvalitatívne odlišné nové zlúčeniny - sekundárne minerály.**



Prvok	Forma výskytu	Mikroorganizmy schopné lúhovať
Cu	sulfidická	Thiobacillus ferrooxidans, Thiobacillus thiooxidans, Leptospirillum
Mn	oxidová	Thiobacillus ferrooxidans, Bacillus circulans, B.polymyxa, B. ceresis, Achromobacter, Aspergillus niger, Pseudomonas aeruginosa
Zn	sulfidická	Thiobacillus thiooxidans, Thiobacillus ferrooxidans, Leptospirillum
Al	silikátová	Aspergillus niger, Penicillium glaucum, Penicillium brevicaulis
Fe	Fe <sup>2+</sup> v silikátoch	Thiobacillus ferrooxidans, Aspergillus niger, B.polymyxa, B. circulans, Penicillium species, Penicillium glaucum, Pseudomonas
Au	rýdza	Aeromonas Bacillus, Pseudomonas, B. megatherium, B. Wesenthalicus niger, Pseudomonas liquefaciens, Aspergillus niger
Au, Ag	sulfidická	Thiobacillus ferrooxidans, Thiobacillus thiooxidans Leptospirillum

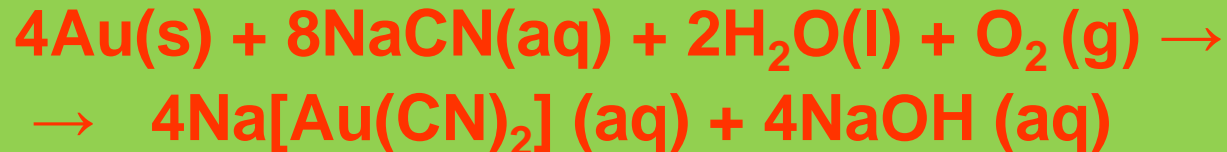
získavania cenných prvkov z rúd  
mikrobiologickými procesmi

- biovylúhovanie medi z chalkopyritu  $\text{CuFeS}_2$
- získania mangánu z rúd chudobných na mangán (činnosťou mikroorganizmov sa získa 97 % mangánu z rudy, ktorá obsahuje len 4 % mangánu).

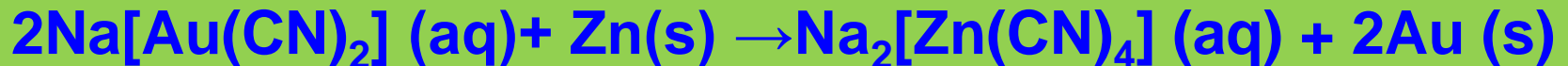
# Získavanie zlata



**Au:** kyanidovým spôsobom z horniny  
s nízkym obsahom Au (0,1 – 0,2% NaCN)



redukciou Zn sa vyredukuje Au



Získavanie Au minerálnymi biotechnológiami.





# Biomodifikácie prírodného zeolitu

Biomodifikáciou povrchu zeolitu typu klinoptilolitu z ložiska v Nižnom Hrabovci využitím mikroorganizmov *Thiobacillus ferrooxidans* bolo snahou ovplyvniť sorpčný a iónovýmenný povrch klinoptilolitu.



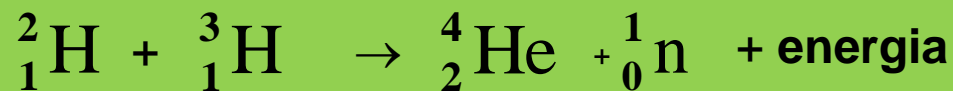
← Thiobacillus ferrooxidans je schopný biolúhovania viacerých prvkov: Cu, Fe, Pb, Cd, Sn a ďalších



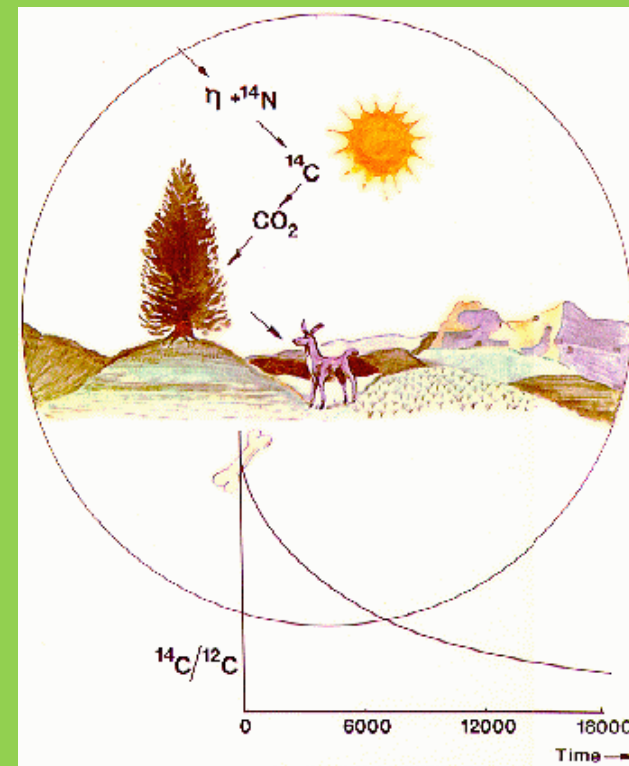
# Rádiouhlíkové datovanie

- Rádioaktívny izotop uhlíka je užitočný pri určovaní približného veku archeologických, antropologických alebo historických predmetov.
- **Rádioaktívne datovanie je založené na určení pomernej časti izotopu  $^{14}\text{C}$  a izotopu  $^{12}\text{C}$  nachádzajúceho sa v danom predmete.**
- rádiouhlíkové datovanie navrhol W. F. Libby, za ktoré získal v roku 1960 Nobelovu cenu za chémiu





Rádioaktívny izotop uhlíka  ${}^{14}\text{C}$  vzniká vo vyšších vrstvách atmosféry bombardovaním izotopu dusíka  ${}^{14}\text{N}$  neutrónmi s vysokou rýchlosťou, pochádzajúcich zo Slnka, kde reakciou dvoch izotopov vodíka – deutéria a trícia vzniká hélium, prúd neutrónov a energia:



Izotop  ${}^{14}\text{C}$  sa popri viac početnom izotope  ${}^{12}\text{C}$  dostáva do živých rastlín procesom fotosyntézy vo forme  ${}^{14}\text{CO}_2$ . Po požití týchto rastlín sa obidva izotopy  ${}^{12}\text{C}$  a  ${}^{14}\text{C}$  dostanú do tela zvierat, respektíve ľudí. Živé organizmy preto obsahujú za svojho života  $1,2 \cdot 10^{-10} \%$  izotopu  ${}^{14}\text{C}$ .

**Po smrti sa dynamická výmena s okolím zastaví a koncentrácia  ${}^{14}\text{C}$  klesá**



# Praktická hranica metódy je 50 tisíc rokov.

Po smrti organizmu dochádza k prerušeniu príjmu  $^{14}\text{C}$  z okolí.

Polčas rozpadu  $^{14}\text{C}$  je 5730 rokov, čo znamená, že za túto dobu poklesne jeho relatívny obsah vo vzorke na polovicu.

Zmeraním jeho pomeru ku stabilnému  $^{12}\text{C}$  izotopu je potom možné vypočítať dobu, kedy bola vzorka vyradená z kolobehu v prírode (organizmus zomrel).

- 5730 rokov (50 %)
- 9460 (75 %)
- 15190 (87,5 %)
- 20920 (93,75 %)
- 26650 (96,875 %)
- 32380 (98,4375 %)
- 38110 (99,21875 %)
- 43840 (99,609375 %)
- 49570 (99,8046875 %)