

20. Radionuklidy jako indikátory

Indikátorová metoda spočívá v umělých změnách izotopového složení prvku –

⇒ říkáme, že **prvek je označen** radioaktivním izotopem (metoda značených atomů)

Vztah izotopového indikátoru a zkoumaného procesu:

1. **Sledování chování určité chemické látky** – pak musí být chemická forma této látky a indikátoru stejné
 - sledování biochemických dějů vyžaduje značení sloučeniny na určitých místech v molekul
 - radioaktivními izotopy (**specifické značení**) nebo jde o obecné radioaktivní označení sloučeniny aspoň jedním radioaktivním atomem (**nespecifické značení**)
2. **Radioaktivní nuklid slouží k označení určité látky v obecném smyslu**
 - sledování proudění kapaliny

Podmínka nutná: **dostatečná počáteční aktivita značící látky**

A) Značené sloučeniny

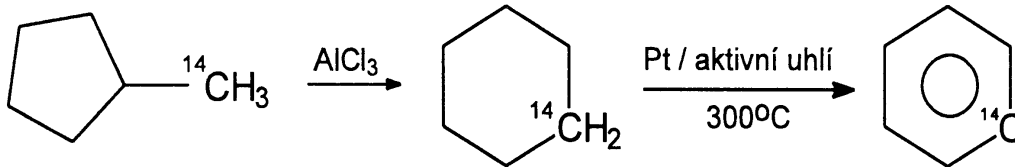
Izotopicky substituované sloučeniny (všechny molekuly jsou na určitém místě specificky značené)

Př. **2-(¹⁴C)-octová kyselina**

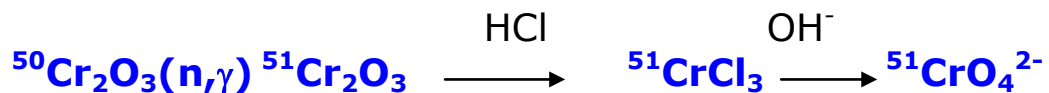
Izotopicky značené sloučeniny – směs normálních molekul s přirozeným izotopickým zastoupením a izotopicky substituovaných molekul (specificky značených)

Př: **2-[¹⁴C]-octová kyselina**

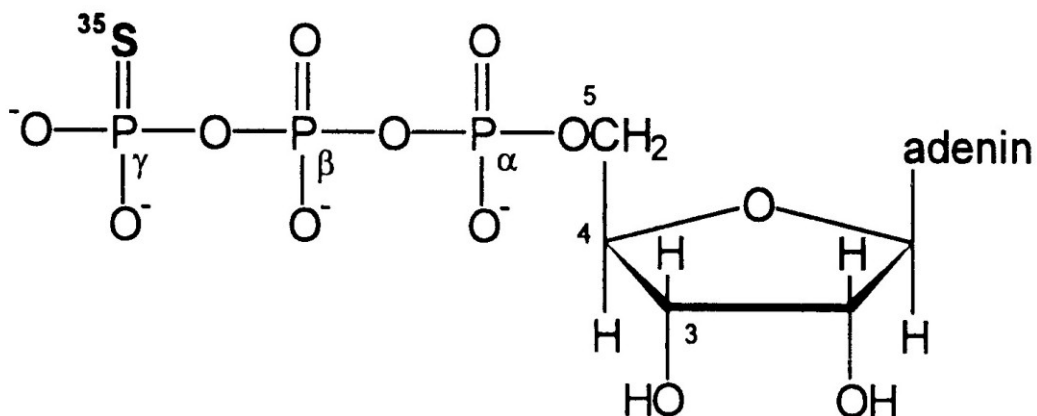
Příklady preparativních postupů:

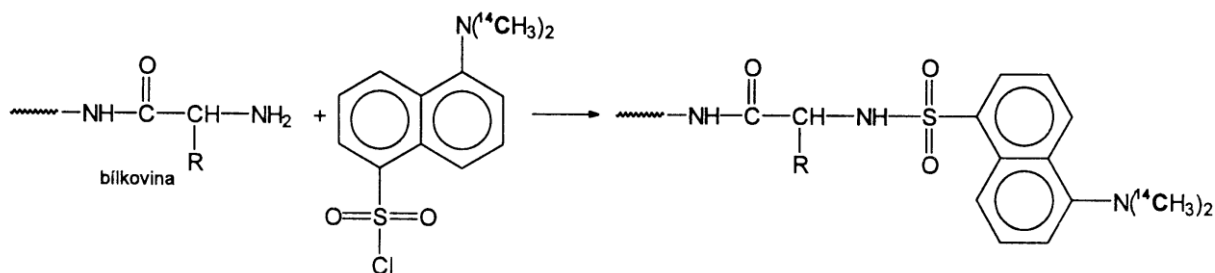


- zavádění tritia je založeno především
 - na adici ³H₂ na dvojnou vazbu
 - pomocí redukujících tritidů **LiAl³H₄**, **NaB³H₄**
- značený chroman lze připravit ozařováním oxidu chromitého neutrony



Další příklady značených sloučenin:

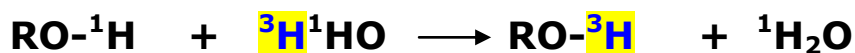




Značení izotopickou výměnou

Jde o přípravu značených sloučenin, kdy se mezi dvěma molekulami, z nichž je jedna značená, vyměňují dva izotopy téhož prvku (nejčastěji tritia)

Provedení: kontakt sloučeniny s tritiovanou vodou. Je nutné, aby vazba s vodíkem podléhala alespoň minimální disociaci.



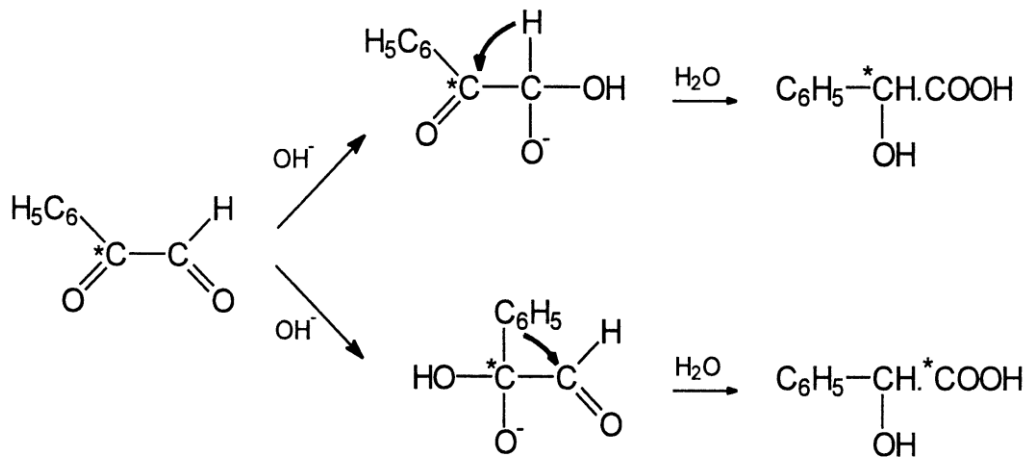
Biosyntetické metody

Jednoduché značené látky se použijí k výživě rostlin nebo mikroorganismů a využije se jejich syntetických schopností



21. Indikátory v chemii a biologii

➤ Studium mechanismů chemických reakcí



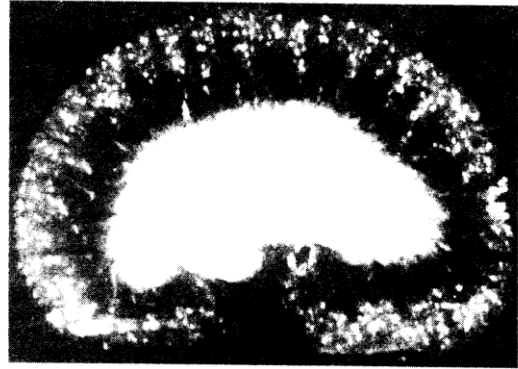
➤ Studium metabolických přeměn

Látka, jejíž metabolismus se zkoumá, se podá organismu ve značené podobě – pokud je předpokládán metabolický produkt radioaktivní, pak je předpokládán mechanismus metabolismu potvrzen.

➤ Kombinace studia metabolických přeměn s autoradiografií



Autoradiogram zmrazeného řezu krysou pořízený 6 hodin po injekci roztoku $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$.



Autoradiogram řezu ledvinou křesy, ukazující lokalizaci receptorů endothelinu.

Možné aplikace radioaktivních indikátorů

- stanovení součinu rozpustnosti
- rozpustnost kovů v roztavených solích
- rozpustnost plynů v kapalinách
- rozpustnost vody v org. rozpouštědlech
- stanovení nízkých tenzí par málo těkavých látek
- stanovení složení plynné a kapalné fáze při destilaci
- stanovení velikosti povrchu sorbentu z množství adsorbovaného radioaktivního plynu
- rozdělení látek (nejčastěji iontů kovů) mezi dvě nemísitelné kapaliny (kapalinová extrakce) nebo mezi roztok a ionex
- vylučování kovů na elektrodách při elektrolýze
- studium migrace částic v roztoku v elektrickém poli
- sledování účinnosti praní tkanin pomocí značených povrchově aktivních komponent pracích prostředků

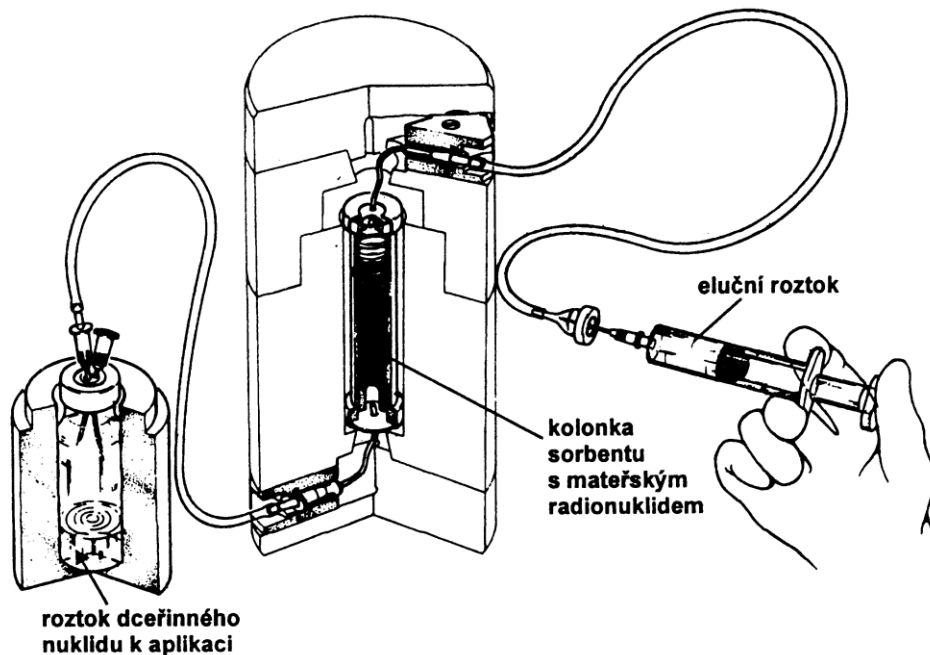
22. Indikátory v biologii

- **migrace drobnějších živočichů** (mouchy, komáři) – larvy se nechávají líhnout v živném radioaktivním médiu – dospělí jedinci jsou pak radioaktivní
- **migrace větších živočichů** (netopýři nesou pouzdra s nuklidem – lze je pak zjistit i přes skálu nebo ve škvírách)
- **studium přenosu potravin a živin** uvnitř hmyzího společenství (včelí úl)
- **studium výživy rostlin** (např. pomocí značeného fosfátu) – zjistí se jeho distribuce v rostlině, způsob jeho příjmu kořenovým systémem, zdroj fosforu z půdy apod.
- **molekulární biologie** se bez indikátorů neobejde – studium dějů přenosu informací na molekulární úrovni, podstata dědičnosti, určení pořadí nukleotidů v nukleových kyselinách (tzv. sekvencování)

aj.

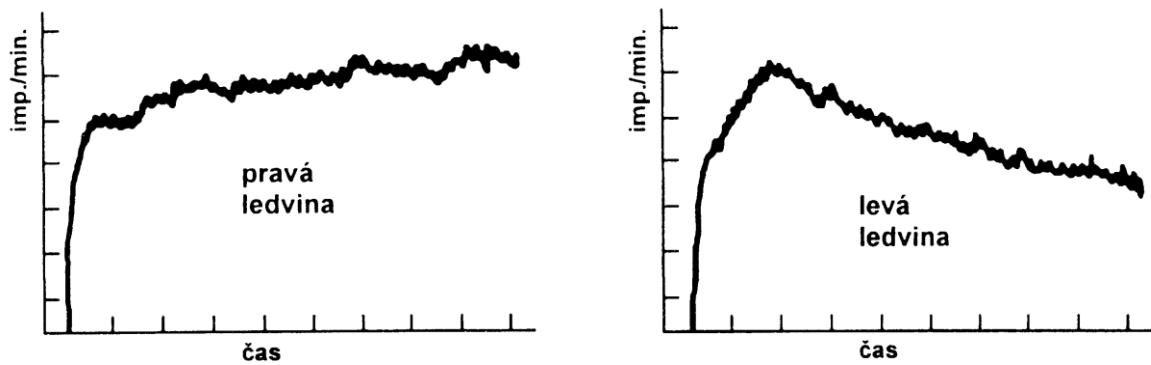
23. Indikátory v lékařské diagnostice

Radionuklidy se zpravidla získávají z radionuklidového generátoru



Radionuklidový generátor.

- využívají se v nukleární medicíně k vyšetřování funkce a stavu různých orgánů
- k diagnostickým účelům se dodávají **radiofarmaka**, která se do těla zpravidla vpravují intravenózně
- radioaktivní látka se selektivně hromadí ve vyšetřovaném orgánu a registruje se záření, které z něj vychází
- zjišťuje se lokalizace zhoubných nádorů
- provádějí se i dynamická vyšetření (sleduje se časová závislost příjmu a vylučování radioaktivní látky)



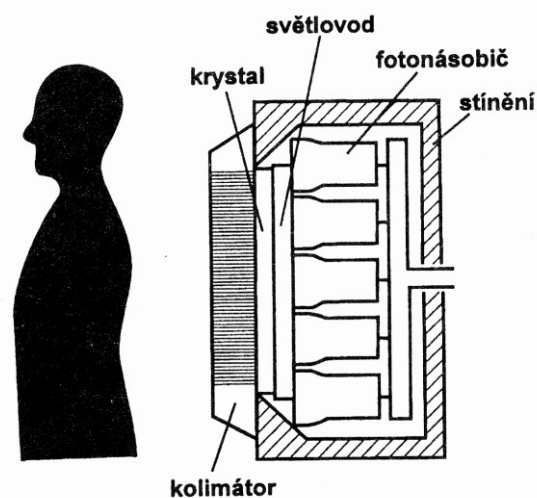
Křivky vylučování ^{131}I -hippuranu z ledvin. (Levá ledvina funguje normálně, na záznamu pravé ledviny je zřetelné pomalejší vylučování.)

Detekce záření vně organismu vyžaduje, aby radioaktivní nuklid emitoval elektromagnetické záření (gama nebo rtg)

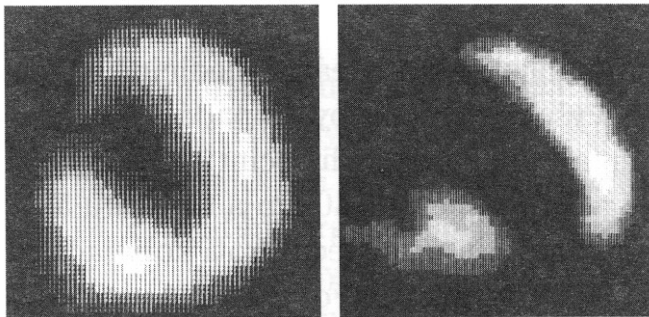
⇒ používají se pozitronické zářiče (pozitrony podléhají anihilaci) nebo zářiče β -/ γ , jaderné izomery nebo nuklidy podléhající EZ

⇒ nuklidy musí být **krátkodobé** a musí mít vhodnou (zpravidla nízkou) energii (snižuje se radiační zátěž organismu)

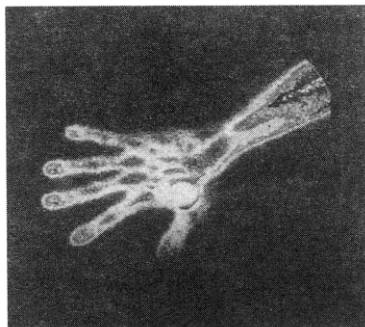
Detekce záření se provádí zpravidla pomocí **gamakamery**



Gama kamera.



Scintigram zdravého srdce (vlevo) a srdce po infarktu myokardu (vpravo) pořízený po intravenózní aplikaci $^{17-123}\text{I}$ -jodoheptadekanové kyseliny.



Scintigrafická kontrola prokrvení ruky přišité pacientovi po úrazu. Scintigram pořízen při kontinuálním zavádění ^{81m}Kr ($T = 13\text{ s}$) v roztoku glukózy do žíly.

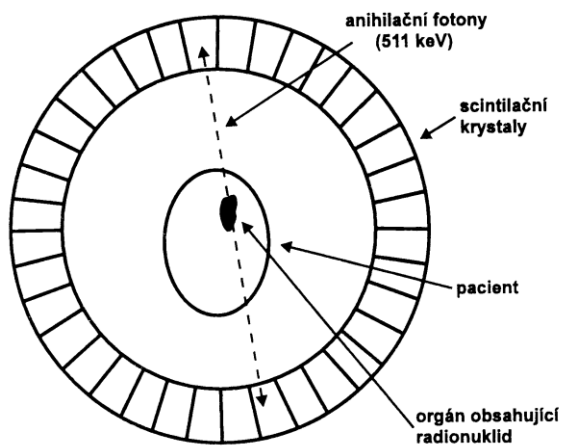


Schéma pozitronové tomografie.

24. Indikátory v hydrologii

- studium pohybu vody v různých přírodních systémech (studium podzemních vod – jejich stáří, rychlost a směr toku, vztahy mezi povrchovými a podzemními vodami, propustnost vrstev apod.)
- používají se nuklidy kobaltu nebo chromu
- velké zředění aktivity během hydrologického pokusu minimalizuje zavedení radioaktivity do životního prostředí

25. Indikátory v průmyslu

- mechanismus transportu surovin v rotační peci při výrobě fosfátových hnojiv ze surového fosfátu, sody a písku — $^{24}\text{Na}_2\text{CO}_3$
- průchod slínek rotačním chladičem při výrobě cementu — ^{56}Mn (slínky s obsahem MnO_2 byly ozářeny v reaktoru)
- průtok a doba setrvání odpadních vod v čistících stanicích a odkalovacích nádržích — $^3\text{H}_2\text{O}$, $^{99m}\text{TcO}_4^-$, $^{24}\text{Na}_2\text{CO}_3$
- pohyb roztaveného železa a strusky ve vysoké peci — ^{60}Co pro značení železa, $^{46}\text{Sc}_2\text{O}_3$ pro značení strusky
- průchod plynů vysokou pecí — ^{85}Kr
- eroze platinového katalyzátoru při oxidaci amoniaku — ^{192}Ir (katalyzátor obsahoval iridium, které bylo aktivováno v reaktoru)
- pohyb popela v zařízení uhelné elektrárny — uhlí bylo ovlhčeno roztokem lanthanité soli značené nuklidem ^{140}La ; při spalování vznikl $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$, který sloužil jako indikátor pro popel
- únik di-iso-oktylfthalátu v chemické aparatuře — chelát ^{99m}Tc s 8-hydroxychinolinem (rozpustný v di-isooktylfthalátu)
- současné sledování pohybu ropy a vody přes vrstvy písku — $^{58}\text{Co}(\text{CN})_6^{3-}$ pro značení vody, ^{59}Fe -ferrocen pro značení ropy
- průnik chrómu z pokovovacích lázní do materiálu nádrže — $^{51}\text{CrO}_3$
- netěsnosti v potrubí ropovodu — naftenát sodný ^{24}Na
- netěsnosti v potrubí plynovodu — ^{41}Ar nebo ^{85}Kr