

## 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

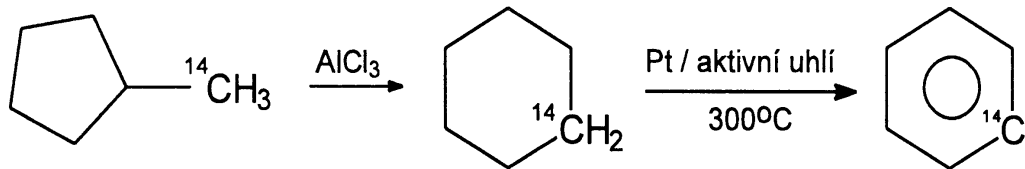
**Izotopicky substituované sloučeniny** (všechny molekuly jsou na určitém místě specificky značené)

Př. **2-(<sup>14</sup>C)-octová kyselina**

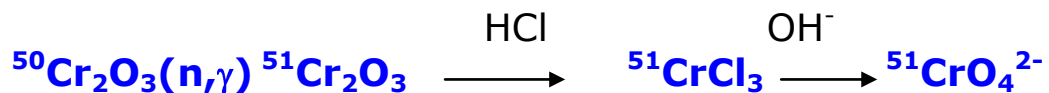
**Izotopicky značené sloučeniny** – směs normálních molekul s přirozeným izotopickým zastoupením a izotopicky substituovaných molekul (specificky značených)

Př: **2-[<sup>14</sup>C]-octová kyselina**

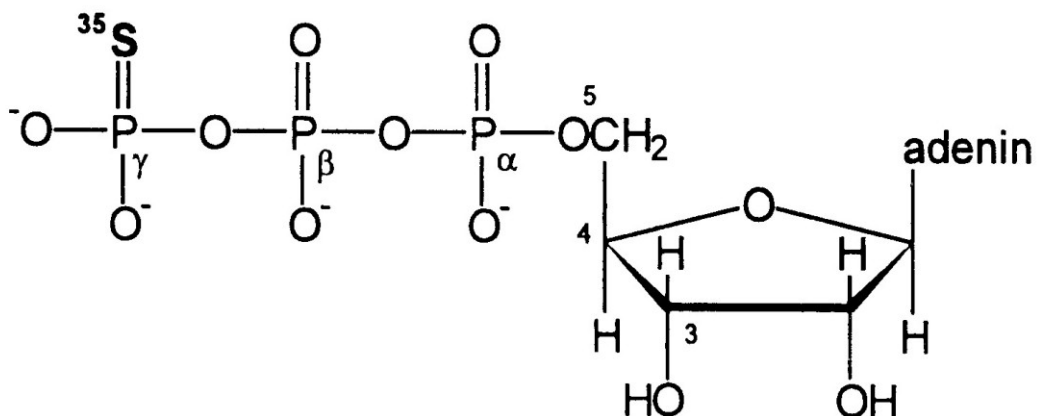
Příklady preparativních postupů:

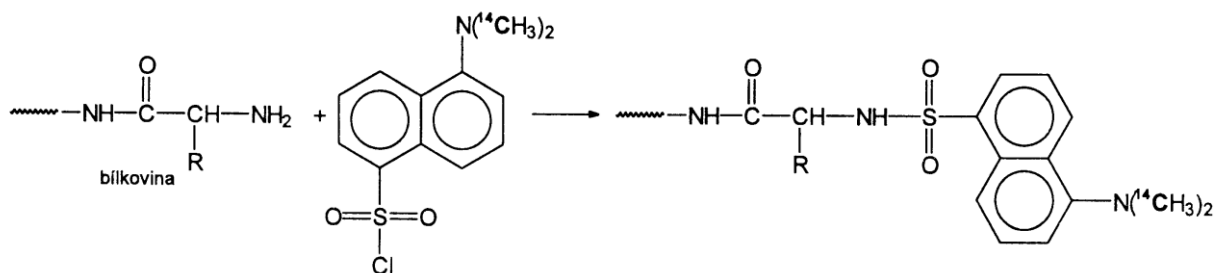


- zavádění tritia je založeno především
  - na adici  $^3\text{H}_2$  na dvojnou vazbu
  - pomocí redukujících tritidů  $\text{LiAl}^3\text{H}_4$ ,  $\text{NaB}^3\text{H}_4$
- značný chroman lze připravit ozařováním oxidu chromitého neutrony



Další příklady značených sloučenin:

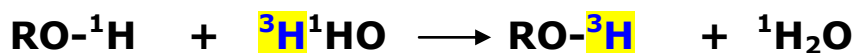




## Značení izotopickou výměnou

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.



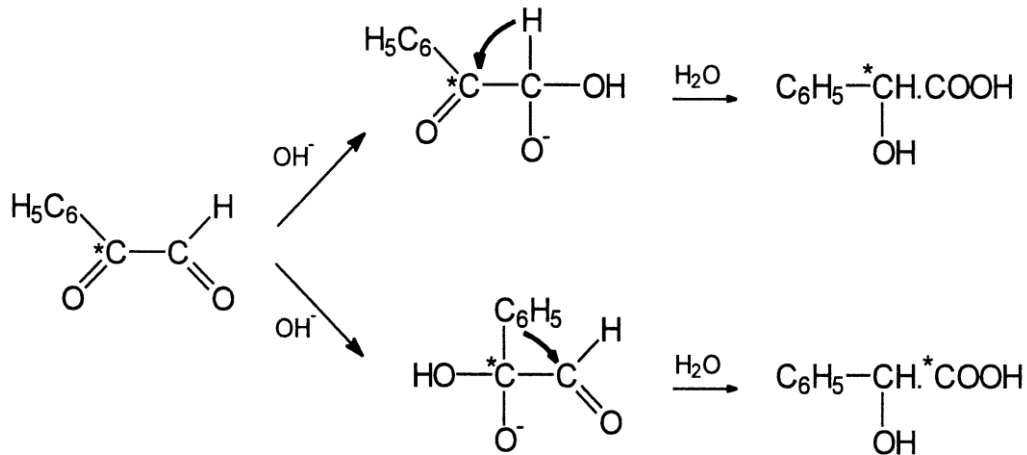
## Biosyntetické metody

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



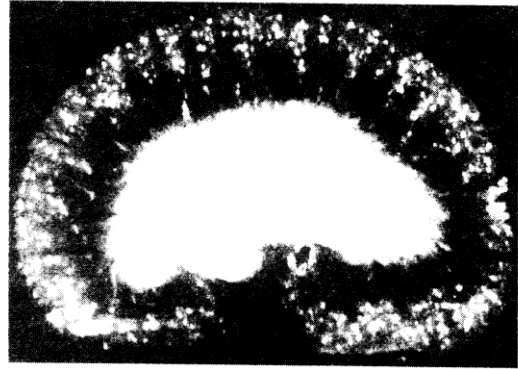
### ➤ Studium metabolických přeměn

Látka, jejíž metabolismus se zkoumá, se podá organismu ve značené podobě – pokud je předpokládáný metabolický produkt radioaktivní, pak je předpokládáný 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 kapalně 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

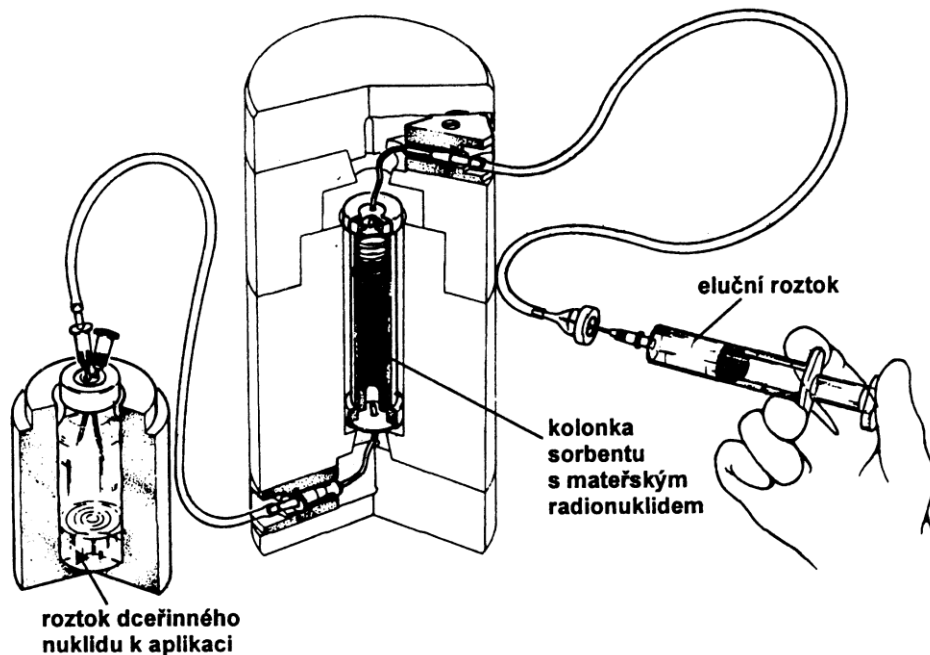
## 22. Indikátory v biologii

- **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.

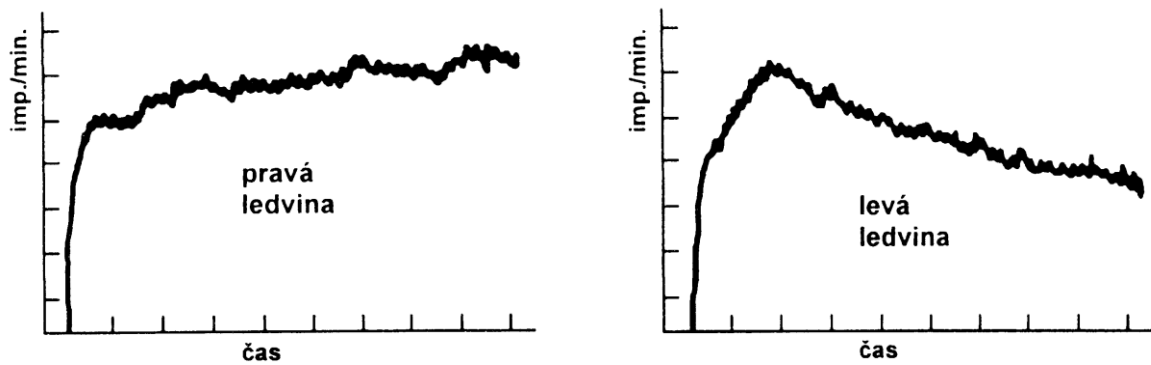
## 23. Indikátory v lékařské diagnostice

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)



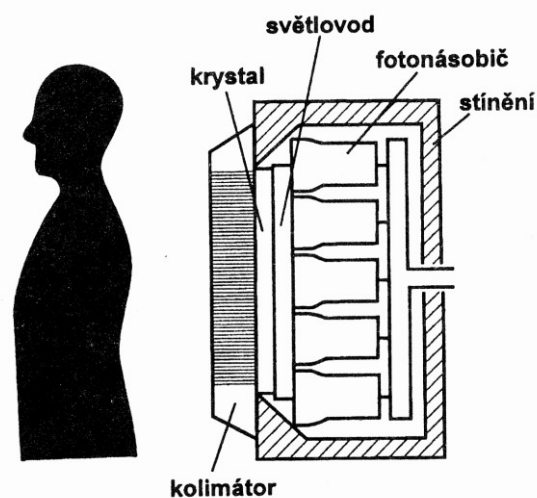
Křivky vylučování  $^{131}\text{I}$ -hippuranu z ledvin. (Levá ledvina funguje normálně, na záznamu pravé ledviny je zřetelné pomalejší vylučování.)

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

⇒ používají se pozitronické zářiče (pozitrony podléhají anihilaci) nebo zářiče  $\beta$ -/ $\gamma$ , jaderné izomery nebo nuklidy podléhající EZ

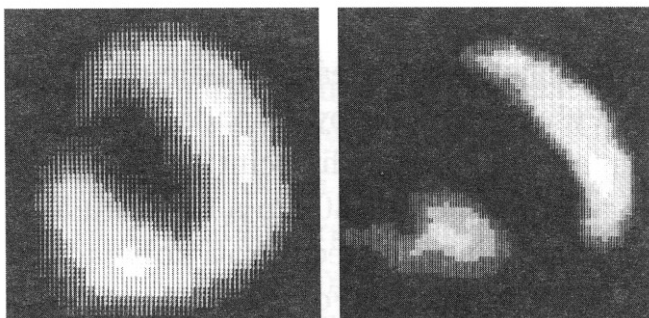
⇒ nuklidy musí být **krátkodobé** a musí mít vhodnou (zpravidla nízkou) energii (snižuje se radiační zátěž organismu)

Detekce záření se provádí zpravidla pomocí **gamakamery**

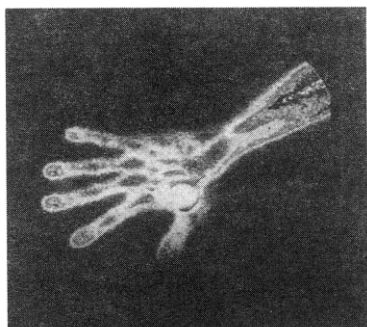


Gama kamera.





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



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

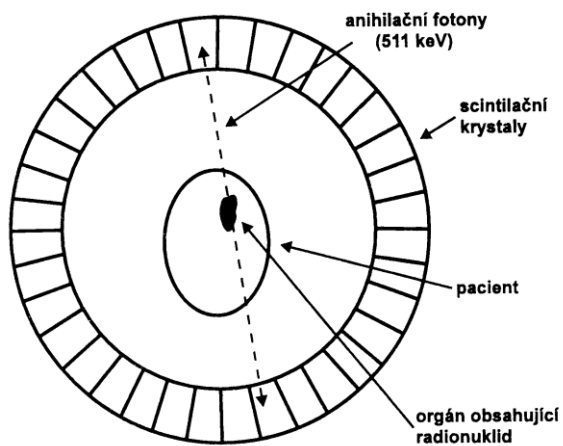


Schéma pozitronové tomografie.

## 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 —  $^{56}\text{Mn}$  (slínky s obsahem  $\text{MnO}_2$  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 —  $^{60}\text{Co}$  pro značení železa,  $^{46}\text{Sc}_2\text{O}_3$  pro značení strusky
- průchod plynů vysokou pecí —  $^{85}\text{Kr}$
- eroze platinového katalyzátoru při oxidaci amoniaku —  $^{192}\text{Ir}$  (katalyzátor obsahoval iridium, které bylo aktivováno v reaktoru)
- pohyb popela v zařízení uhelné elektrárny — uhlí bylo ovlhčeno roztokem lanthanité soli značené nuklidem  $^{140}\text{La}$ ; při spalování vznikl  $^{140}\text{La}_2\text{O}_3$ , který sloužil jako indikátor pro popel
- únik di-iso-oktylfthalátu v chemické aparatuře — chelát  $^{99m}\text{Tc}$  s 8-hydroxychinolinem (rozpuštěný v di-iso-oktylfthalátu)
- současné sledování pohybu ropy a vody přes vrstvy písku —  $^{58}\text{Co}(\text{CN})_6^{3-}$  pro značení vody,  $^{59}\text{Fe}$ -ferrocen pro značení ropy
- průnik chromu z pokovovacích lázní do materiálu nádrže —  $^{51}\text{CrO}_3$
- netěsnosti v potrubí ropovodu — naftenát sodný  $^{24}\text{Na}$
- netěsnosti v potrubí plynovodu —  $^{41}\text{Ar}$  nebo  $^{85}\text{Kr}$