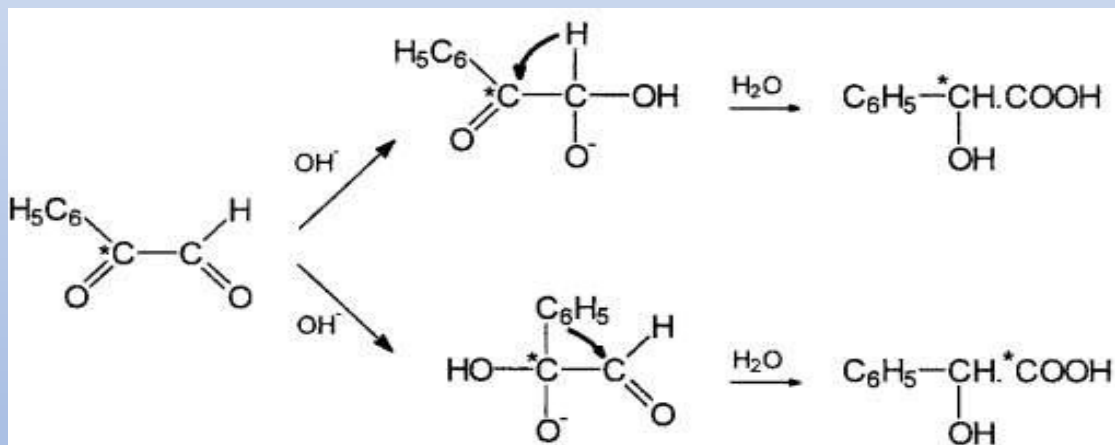


# 20. Radioaktivní indikátory v praxi

## Indikátory v chemii

### Studium mechanismů chemických reakcí



### Studium metabolických přeměn v organismu

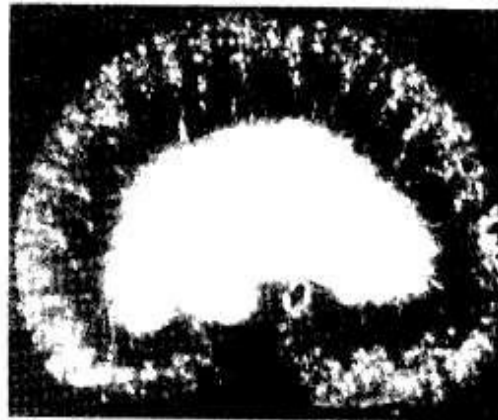
Látka, jejíž metabolismus se zkoumá, se podá organismu ve značené podobě – pokud je předpokládán metabolický produkt radioaktivní, pak je předpokládán mechanismus děje metabolismu potvrzen.



## Kombinace studia metabolických přeměn s autoradiografií

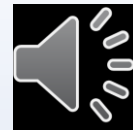


Autoradiogram zmrazeného řezu krysou pořízený 6 hodin po injekci roztoku  $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ .



Autoradiogram řezu ledvinou krysy, ukazující lokalizaci receptorů endothelinu.

## Možné aplikace radioaktivních indikátorů v chemii



**Níže uvedené aplikace zpravidla vyžadují znalost koncentrace látek, které se pomocí radioaktivních indikátorů snadno zjišťují (mezi koncentrací látky a změřenou aktivitou je vztah přímé úměrnosti)**

- 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

# Indikátory v biologii



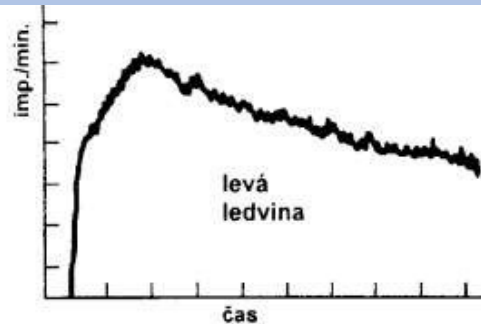
- **migrace drobnějších živočichů** (mouchy, komáři) – larvy se nechávají líhnout v živném radioaktivním médiu – dospělí jedinci jsou pak radioaktivní
- **migrace větších živočichů** (netopýři nesou pouzdra s nuklidem – lze je pak zjistit i přes skálu nebo ve škvírách)
- **studium přenosu potravin a živin** uvnitř hmyzího společenství (včelí úl)
- **studium výživy rostlin** (např. pomocí značeného fosfátu)- radiograficky se zjistí 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.

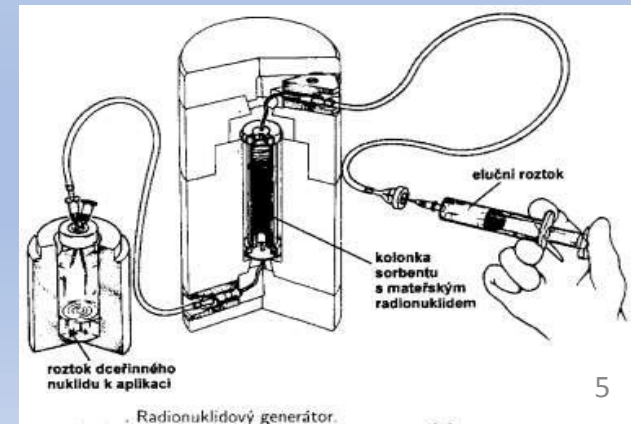
# Indikátory v lékařské diagnostice (nukleární medicína)

Radionuklidy se zpravidla získávají z radionuklidového generátoru, např.  $^{99m}\text{Tc}$

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



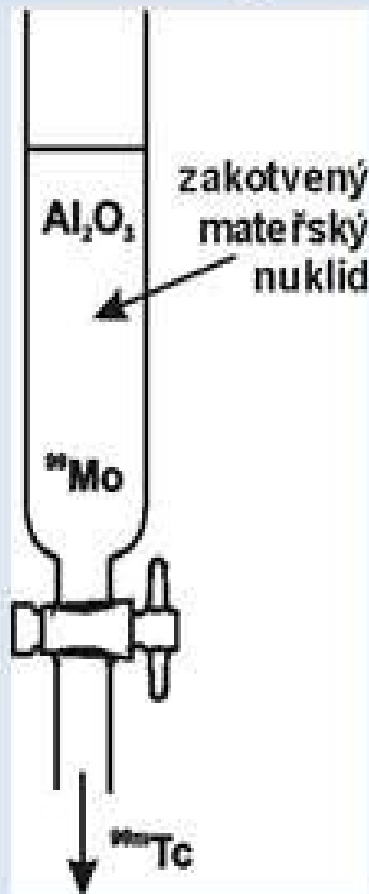
Křivky vylučování  $^{131}\text{I}$ -hippuranu z ledvin. (Levá ledvina funguje normálně, na záznamu pravé ledviny je zřetelné pomalejší vylučování.)



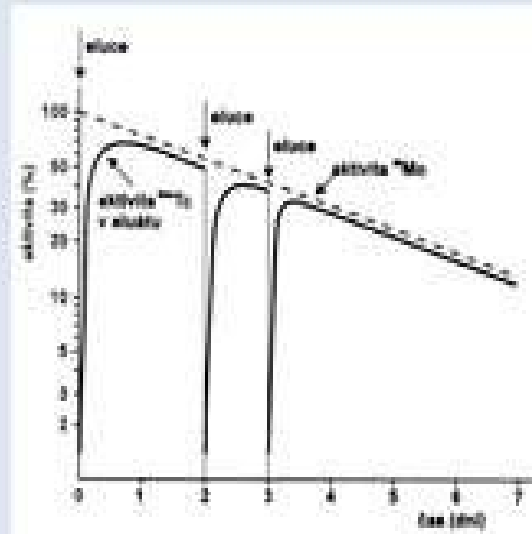
## Generátory radioaktivních nuklidů

- metoda pro opakované získávání některých nuklidů. Využívá se existence trvalé nebo přechodné radioaktivní rovnováhy

Experimentální provedení radionuklidového generátoru:



mateřský nuklid	dceřiný nuklid	náplň kolony	eluční činidlo
$^{99}\text{Mo}$ (67 hod)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (5,9 hod)	$\text{Al}_2\text{O}_3$	roztok NaCl
$^{68}\text{Ge}$ (288 dní)	$^{68}\text{Ga}$ (689 min)	$\text{SnO}_2$	1M HCl
$^{81}\text{Rb}$ (4,58 hod)	$^{81\text{m}}\text{Kr}$ (13 s)	katex	voda nebo vzduch
$^{82}\text{Sr}$ (25 dní)	$^{82}\text{Rb}$ (78 s)	katex	roztok NaCl
$^{113}\text{Sn}$ (115 dní)	$^{113\text{m}}\text{In}$ (1,7 hod)	$\text{ZrO}_2$	zř. kyselina

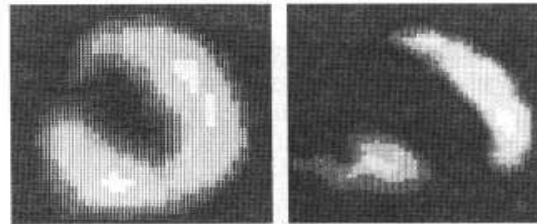
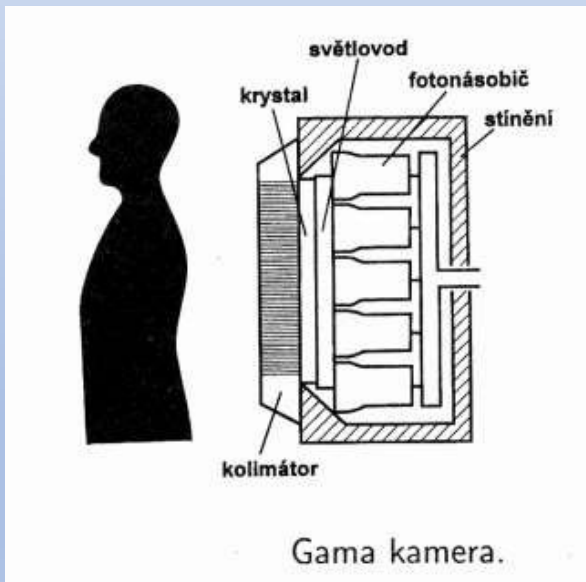


## Požadavky na radiofarmakum

- 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 – scintigrafie**



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  $^{81\text{m}}\text{Kr}$  ( $T = 13 \text{ s}$ ) v roztoku glukózy do žíly.



# 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**



# 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 chrómu 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  $^{85}\text{Kr}$