



INSTRUMENTACE RADIOIMUNOANALÝZY

Ing. Martina Podborská, Ph.D.

OKB FN Brno

Školní rok 2022/2023

Imunoanalytické metody

- ❑ stanovení bílkovin, antigenů, haptenu (hormonů, léčiv, specifické IgE atd.)
- ❑ citlivější než imunoprecipitační metody
- ❑ vhodné pro koncentrace $< 1 \text{ mg/l}$
- ❑ využívají **značený indikátor (značenka = tracer)**
– **Ag nebo Ab**
- ❑ značkami mohou být:
 - ✓ **radioizotopy**, fluoreskující látky, enzymy, substráty, komplexy těžkých kovů, cheláty lanthanoidů
- ❑ podle typu značenky:
 - ✓ izotopová imunoanalýza – **RIA**, IRMA
 - ✓ enzymoimunoanalýza – EIA, IEMA
 - ✓ fluoroimunoanalýza – FIA, IFMA
 - ✓ luminoimunoanalýza – LIA, ILMA
 - ✓ chemiluminiscence – ICMA, CLIA, ECL

Imunoanalytické metody

- ❑ značenky umožňují detekovat volný n. na protilátku vázaný Ag
- ❑ požadavky na značenku:
 - ✓ snadná vazba na Ag nebo na Ab
 - ✓ snadné měření + dobré rozlišení signálu a pozadí
 - ✓ nesmí interferovat při reakci Ag a Ab
 - ✓ levný a netoxický
- ❑ dle uspořádání imunoanalýzy rozlišujeme:
 - ✓ **KOMPETITIVNÍ**: omezené množství Ab, značený je obvykle Ag
 - ✓ **NEKOMPETITIVNÍ (imunometrická, sendvičová)**: Ab v nadbytku, značená je obvykle Ab
 - ✓ **Heterogenní**: vyžaduje separaci volné a vázané frakce Ag
 - ✓ **Homogenní**: nevyžaduje separaci volné a vázané frakce Ag

Kompetitivní imunoanalýza

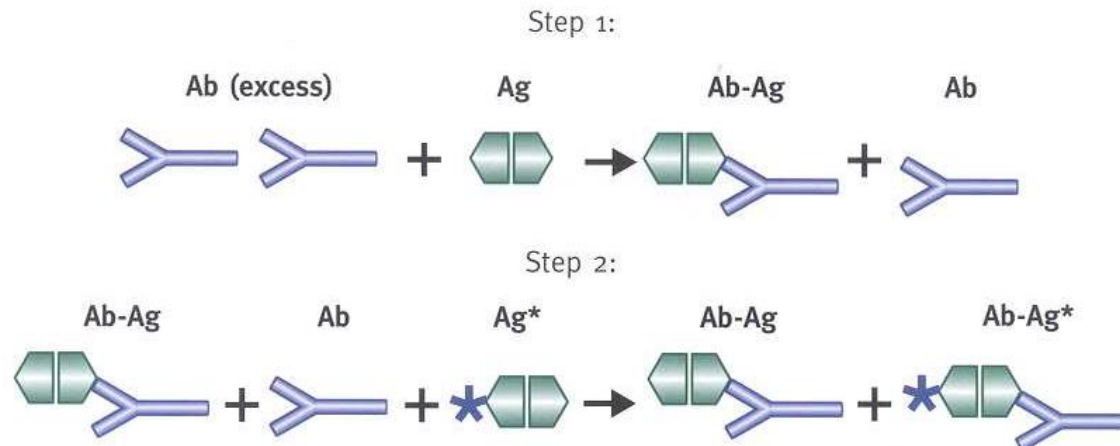
- nepřímá úměra mezi stanovovaným Ag a intenzitou signálu:

- I. stupňová:



Ag - stanovovaný analyt

- 2. stupňová: 2-4 vyšší citlivost; nadbytek Ab v prvním kroku:



- vyžadují delší inkubaci

Nekompetitivní (sendvičová) imunoanalýza

- **přímá úměra** mezi stanovovaným Ag a intenzitou signálu



Ag resp. **Ab₁-Ag-Ab₂*** – stanovovaný antigen/analyt;
minimálně 2 antigenní determinanty na Ag

Ab₁ – většinou vázána na pevnou fázi

- mohou být 1 i 2 krokové
- 2 krokové sendvičové metody poskytují nejvyšší specifitu a senzitivitu
- citlivost metod souvisí s hranicí detekce značeného ligandu

Rozdělení imunoanalytických metod

Kompetitivní

heterogenní: RIA, EIA (ELISA),
FIA, LIA

homogenní: EMIT, FPIA, CEDIA,
TRACE

Nekompetitivní

heterogenní: IRMA, IEMA, IFMA,
ILMA, CMIA, ECLIA (DELPHIA, MEIA)

homogenní: TRACE

RADIOZOTOPOVÉ IMUNOANALYTICKÉ METODY (RIA)



▣ ZROD RIA:

- ✓ **Rosalyn Yalow (1921*) and Solomon Berson popsali první RIA v r. 1957**
- ✓ **Nobelova cena za fyziologii a lékařství v r. 1977**

Radioizotopové indikátory



□ **Výhody:**

- ✓ **flexibilita**
- ✓ **citlivost**
- ✓ **velikost molekul**

□ **Nevýhody:**

- ✓ **toxicita**
- ✓ **poločas rozpadu**
- ✓ **dodatečné náklady**

- **^{125}I – gama zářič** – poločas rozpadu **60** dní; radiojód ve formě alkalických jodidů
- **^3H – beta zářič** – poločas rozpadu **12,3** let; když ze stérických důvodů nelze použít jód (detekce beta zářice je obtížnější; dodává se jako plyn (T_2) nebo jako supertěžká voda (T_2O))

RADIOZOTOPOVÉ IMUNOANALYTICKÉ METODY (RIA)



- **kompetitivní radioimunoanalýza:**
 - ✓ **RIA – radioimunoanalýza (immunoassay)**
- **nekompetitivní (sendvičová) radioimunoanalýza:**
 - ✓ **IRMA – imunoradiometrická analýza**
- **všechny izotopové metody jsou heterogenní**
- **měří se radioaktivní záření**
- **vysoce citlivá a specifická metoda**
- **RIA:**
 - ✓ **Ab v tekutém stavu**
 - ✓ **s Ab vázanou na pevné fázi**

RIA - Radioimmunoassay



- ❑ kompetitivní heterogenní izotopová imunoanalytická metoda (**aldosteron, androstendion, 17-OH-progesteron, TRAK**)
- ❑ radioindikátorem je ^{125}I = gama-zářič (poločas rozpadu 60 dní)
- ❑ **γ -counter** se scintilačním detektorem se studným scintilačním krystalem NaI/Tl – zářiče γ (= přeměňuje energii IZ absorbovanou v roztoku na záblesky viditelného světla (scintilace), které registruje fotonásobič)
- ❑ s každou sérií měření se zpracovává kalibrační křivka
- ❑ radioindikátorem značený Ag
- ❑ Ab v limitovaném množství (navázáno 20-80% značeného)



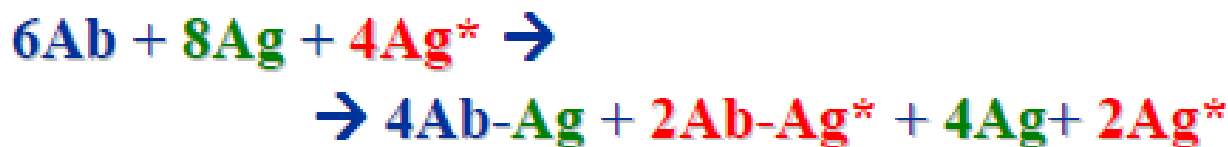
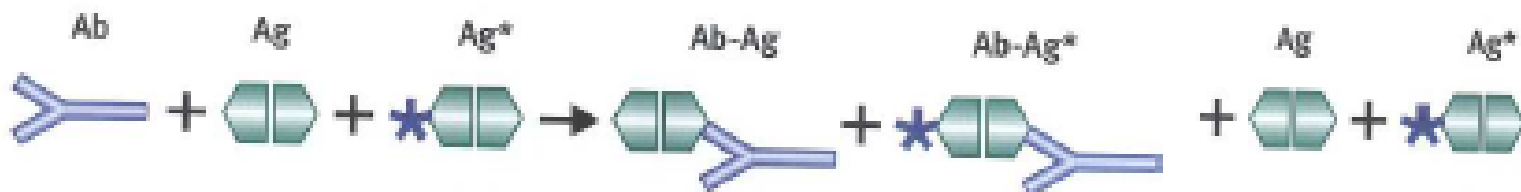
❑ γ -counter Berthold

γ -counter Berthold LB2111



- ❑ slouží ke kvantitativnímu měření radioaktivity γ -záření (vyjádřeno v jednotkách *cpm*)
- ❑ je vybaven **scintilačním detektorem**, který je založen na vzniku luminiscence při průchodu ionizujícího záření vhodnou látkou (scintilátorem)
- ❑ pro detekci γ -záření se jako scintilační jednotky používají krystaly NaI/Tl
- ❑ při průchodu γ -záření scintilačním krystalem dochází k **fotoefektu** a ke **Comptonově rozptylu**; elektrony uvolněné z atomových obalů excitují atomy krystalu, přitom vzniká viditelné **luminiscenční záření** zvané **scintilace**; pro přeměnu scintilací na elektrické impulsy se používají fotonásobiče
- ❑ systém LB 2111 je vybaven 12 scintilačními jednotkami

RIA - Radioimmunoassay



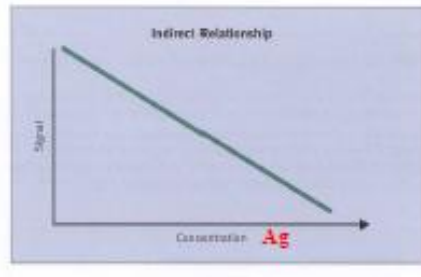
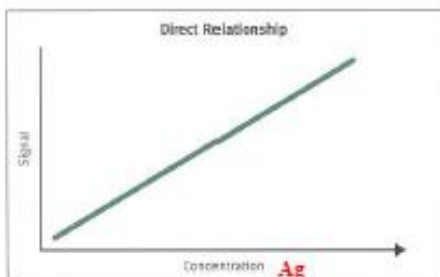
- oddělení **Ab-Ag*** a **Ag***

Ag - stanovený analyt

- **Ag a Ag*** se odmyje, odsaje
- měří se **radioaktivita imunokomplexu Ab-Ag***, která je **nepřímo úměrná koncentraci stanoveného Ag**

měření signál volného **Ag***

měření signál **Ab-Ag***

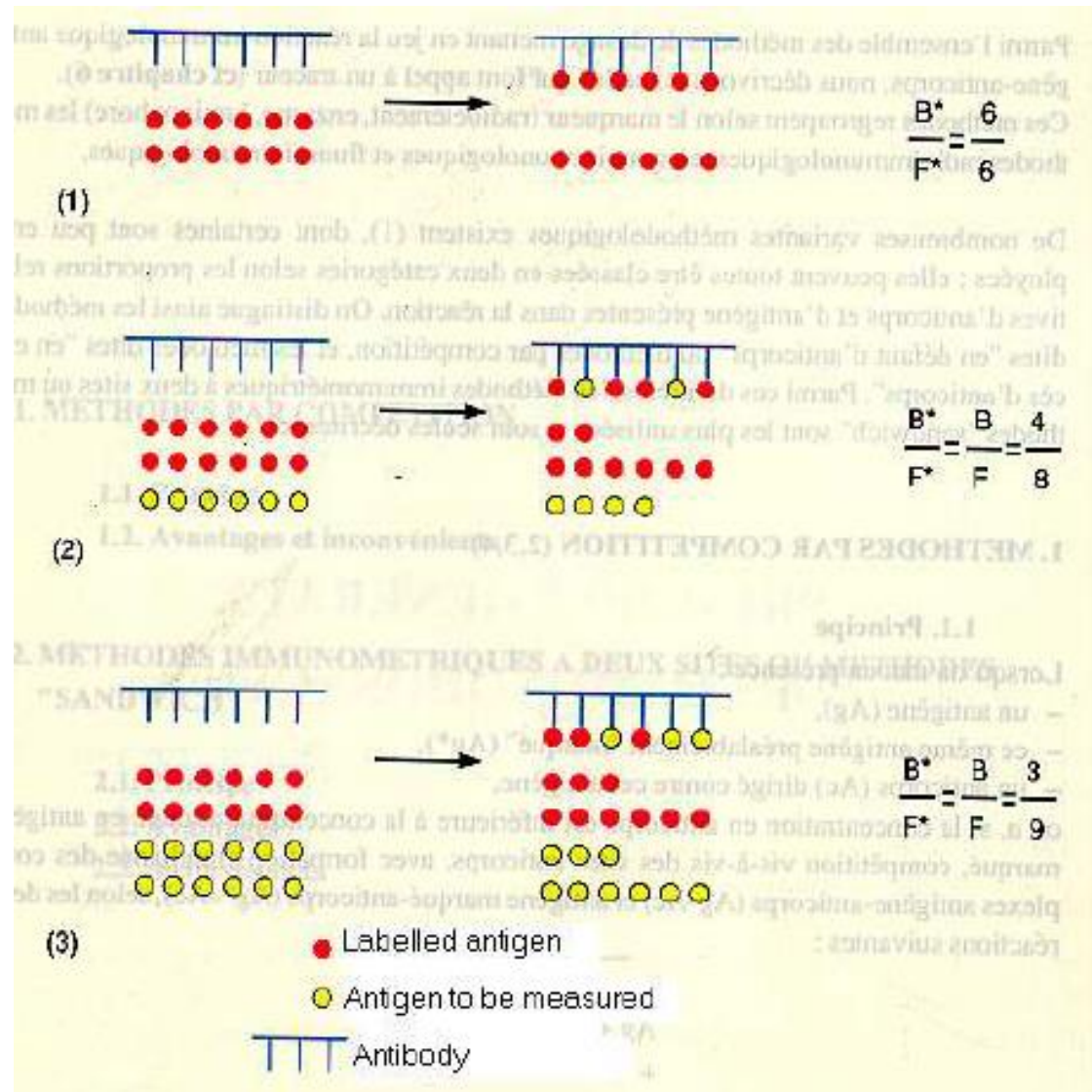


- **citlivost metody je dána afinitou použité protilátky**

RIA - Radioimmunoassay



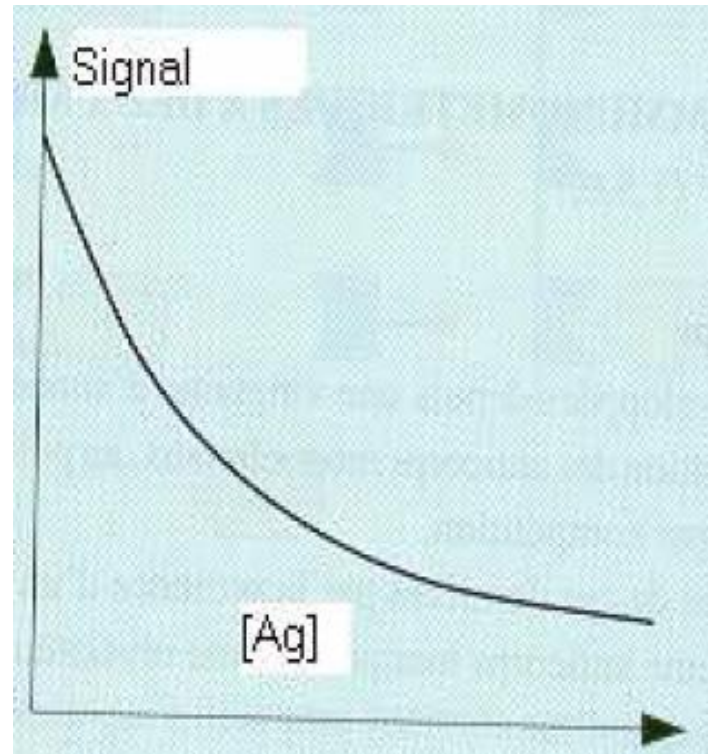
- **Kompetice:**
- **radioaktivitou značený Ag* soutěží s neznačeným Ag o limitované množství vazebných míst na protilátce**



RIA - Radioimmunoassay



□ Kompetice:



- čím větší množství neznačeného antigenu je přítomno, tím menší množství značeného antigenu se naváže na protilátku a opačně
- **nepřímá úměra:** čím větší intenzita signálu, tím menší koncentrace stanovovaného Ag

SCHÉMA POSTUPU RIA (komp.)



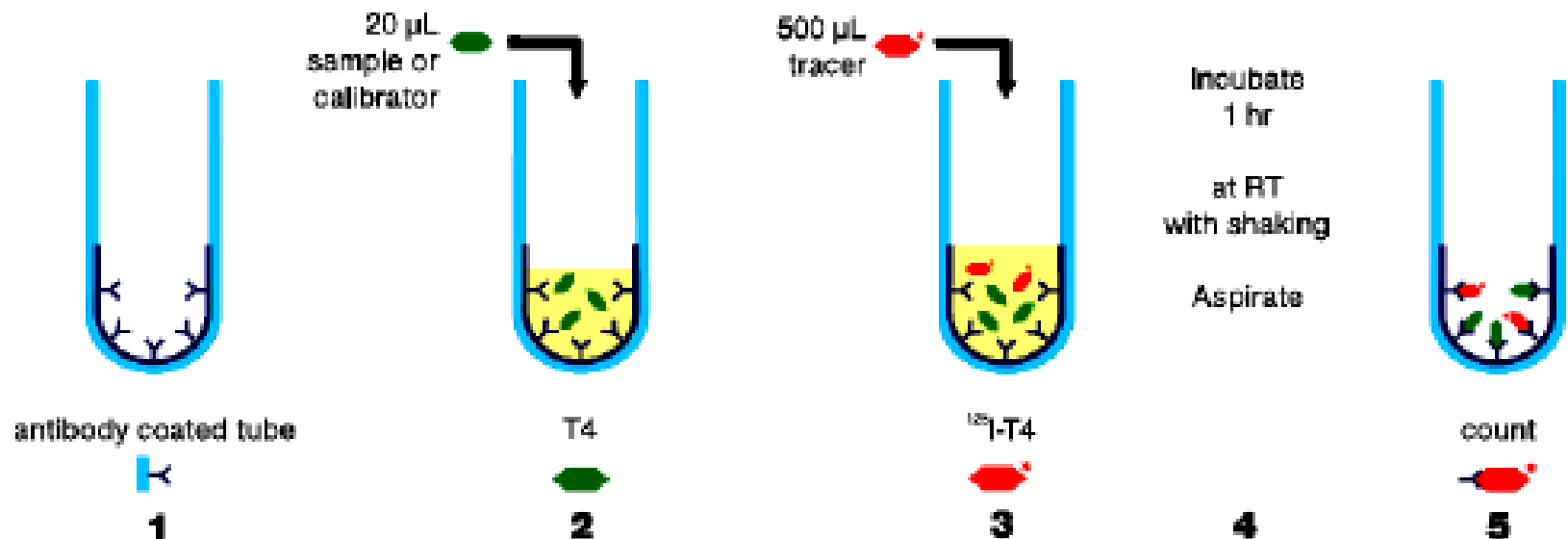
- Ab je navázána na pevnou fázi („imunosorbentu“ = tzn. že vnitřní stěna zkuševky je potažena Ab)

1. Pipetace:

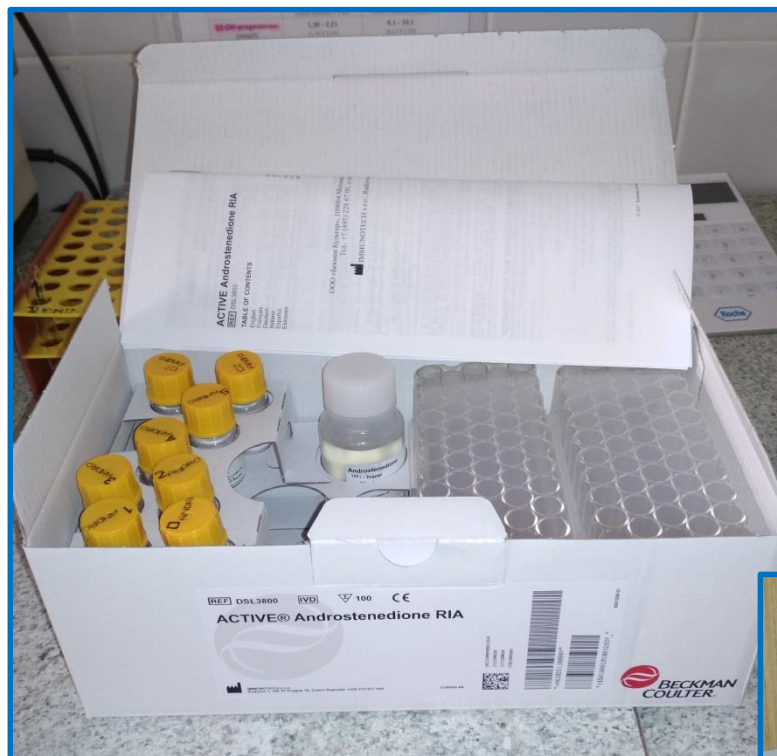
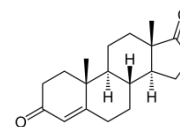
- ✓ do zkuševky potažené Ab postupně napipetujeme: kalibrátory/kontroly/vzorky séra/plazmy + radionuklid
- ✓ směs se promíchá

2. Inkubace: 1–3 h při 18–25°C za stálého třepání (350 rpm)

3. Měření: obsah zkuševky se pečlivě odsaje (tím oddělíme volné imunokomplexy a volné Ag; neodsajeme pouze zkuševku pro stanovení celkové aktivity T) a změříme cpm pro vazebnou (B) a celkovou aktivitu (T) po dobu 1 min



Stanovení androstendionu



RIA - Radioimmunoassay



□ **Výhody:**

- ✓ vysoká citlivost
- ✓ robustnost
- ✓ malá spotřeba antiséra
- ✓ možnost automatizace

□ **Nevýhody:**

- ✓ nebezpečí radioaktivního záření
- ✓ krátká expirační doba souprav
- ✓ nutno pracovat v sériích
- ✓ měřit v duplikátech

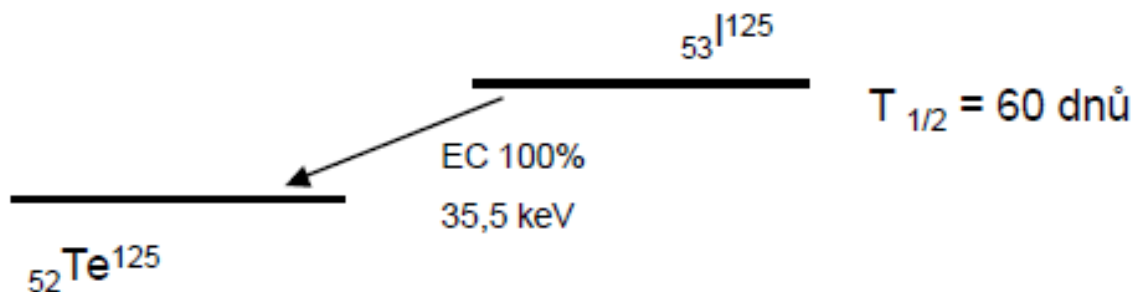
Je třeba dbát bezpečnostních předpisů pro práci s radioizotopy!



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

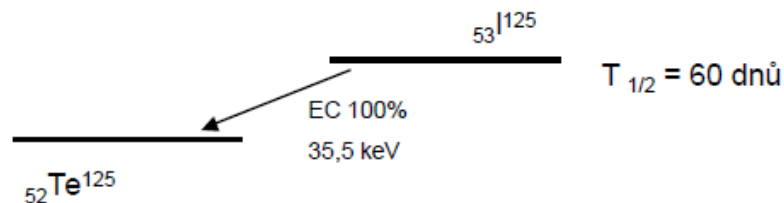
^{125}I v RIA laboratoři

- ❑ Poločas rozpadu: 60 dnů
- ❑ Typ přeměny: elektronový záchyt
- ❑ Typ a energie záření:
 - ✓ γ -záření (6%): 35 keV
 - ✓ RTG záření: 27 a 31 keV
 - ✓ sumační pík: 60 keV
 - ✓ počet částic/100 přeměn





Sumační pík ^{125}I



- ✓ projevuje se často u radionuklidů rozpadajících se elektronovým K-záchytem (doprovázeným emisí charakteristického X-záření při přeskoku elektronů ze slupky L na slupku K) s následnou emisí γ z excitované hladiny dceřinného jádra
- ✓ zde dochází ke koincidenční detekci γ a charakteristického X-záření a vzniku sumačního píku odpovídajícího energii $E_{\gamma} + E_{\text{X}}$
- ✓ typickým příkladem je radionuklid ^{125}I , který se K-záchytem rozpadá na ^{125}Te , přičemž je vyzařováno γ o energii 35keV a X o energii 27keV
- ✓ při dostatečné detekční účinnosti (vzorky ^{125}I se často měří ve zkumavkách ve studnovém scintilačním detektoru) se pozoruje výrazný sumační pík odpovídající energii 62keV

¹²⁵I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

- ❑ **Radiační charakteristiky I. pro ¹²⁵I**
 - ✓ Zprošťovací úrovně: 10^6 Bq; 10^3 kBq/kg
- ❑ **Radiační charakteristiky II. pro ¹²⁵I**
 - ✓ Radiotoxicita:

Třída	Radionuklidy
1	Na-22, Na-24, Mg-28, Al-26, Al-28, Cl-38, K-43, Ca-47, Sc-46, Sc-48, V-48, Mn-52, Mn-52m, Mn-54, Mn-56, Fe-52, Fe-59, Co-55, Co-56, Co-58, Co-60, Co-62m, Zn-65, Ga-68, Ga-72, Ge-68, As-74, Br-82, Rb-82m, Sr-82, Sr-85, Sr-92, Y-88, Zr-95, Nb-94, Nb-95, Nb-98, Mo-90, Mo-101, Tc-96, Ru-106+, Ag-108m+, Ag-110m, Sb-124, Te-131m, Te-132, Te-133m, Te-134, I-130, I-132, I-134, I-135, Cs-132, Cs-134, Cs-136, Cs-137+, Ba-140+, La-140, Eu-152, Eu-154, Tb-160, Hf-181, Ta-182, Os-185, Ir-190, Ir-192, Tl-200, Pb-210+, Bi-206, Bi-207, Po-203, Po-205, Po-207, Po-210, Ra-223+, Ra-224+, Ra-225, Ra-226+, Ra-228+, Ac-227, Ac-228, Th-228+, Th-229+, Th-230, Th-232, Pa-231, U-230+, U-232+, U-234, U-235+, U-236, U-238+, Np-237+, Pu-236, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242, Pu-244, Am-241, Am-242m+, Am-243+, Cm-243, Cm-244, Cm-245, Cm-246, Cm-247, Cm-248, Cf-248, Cf-252, Cf-254,
2	Be-7, C-11, F-18, K-42, Sc-47, Co-57, Cu-64, Ga-67, As-76, Se-75, Rb-83, Rb-86, Sr-85m, Sr-90+, Y-92, Zr-97+, Nb-97, Mo-93, Mo-99, Ru-97, Ru-103, Rh-105, Cd-115, In-111, In-113m, In-114m, In-115m, Sn-113, Sn-125, Sb-122, Sb-125, Te-123m, Te-133, I-125 , I-126, I-129, I-131, Cs-129, Ba-133, Ce-139, Ce-141, Ce-143, Ce-144+, Nd-147, Nd-149, Eu-152m, Eu-155, Gd-155, Er-171, Sm-153, Yb-169, W-187, Ir-194, Pt-191, Au-198, Au-199, Hg-197, Hg-197m, Hg-203, Tl-201, Tl-202, Pb-203, Pb-212+, Bi-212+, Ra-227, Pa-233, Th-227, U-231, U-237, Np-239, Cm-242
3	C-14, P-32, Cl-36, Ca-41, Cr-51, As-77, Sr-89, Y-90, Y-91, Y-93, Zr-93+, Tc-96m, Tc-97m, Tc-99, Tc-99m, Pd-109, Ag-111, Cd-109, Cd-115m, Te-125m, Te-127m, Te-129, I-123, Cs-135, Pr-142, Pm-149, Dy-165, Dy-166, Ho-166, Gd-159, Tm-170, Yb-175, Lu-177, W-181, W-188, Re-186, Re-188, Os-191, Os-193, Pt-193, Pt-197, Pt-197m, Tl-204, Bi-210, At-211, Th-226, Th-231, Th-234+, U-239, Pu-234, Pu-235, Pu-237, Pu-241, Pu-243, Am-242, Bk-249, Cf-246, Cf-253
4	H-3, Si-31, P-33, S-35, Ca-45, Mn-53, Fe-55, Co-58m, Co-60m, Co-61, Ni-59, Ni-63, Zn-69, Ge-71, As-73, Nb-93m, Tc-97, Rh-103m, Pd-103, Te-127, Cs-131, Cs-134m, Pr-143, Pm-147, Er-169, Tm-171, W-185, Pt-193

¹²⁵I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

Uvolňovací úrovně a směrné hodnoty pro radioaktivní kontaminaci materiálů a jejich povrchů

Posuzované místo znečištění	Třída radionuklidu podle tabulky č. 2			
	1	2	3	4
	Uvolňovací úrovně hmotnostní aktivity [kBq/kg]			
Materiály, pevné látky a předměty vynášené z pracovišť se zdroji ionizujícího záření nebo jinak uváděné do životního prostředí	0,3	3	30	300
	Uvolňovací úrovně plošné aktivity [kBq/m ²]			
Povrchy materiálů a předmětů vynášených z pracovišť se zdroji ionizujícího záření nebo jinak uváděných do životního prostředí	3	30	300	3000
	Směrné hodnoty povrchové aktivity pro radioaktivní kontaminaci [kBq/m ²]			
Povrchy podlah, stěn, stropů, nábytku, zařízení, ap. v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými zářiči, Vnější povrchy ochranného a provozního zařízení, osobních ochranných prostředků	30	300	3000	3.10 ⁴
Povrch těla a vnitřní povrchy osobních ochranných prostředků Pracovní povrchy mimo kontrolované pásmo	3	30	300	3000

¹²⁵I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

- Uvolňovací úrovně v praxi – pro monitoring pracovního prostředí

Co	Zásahová	Vyšetřovací	Záznamová
Obecně	10	3	1
Pracovní plochy	30 Bq/cm ²	10 Bq/cm ²	3 Bq/cm ²
Osoby	3 Bq/cm ²	1 Bq/cm ²	0,3 Bq/cm ²
Plochy mimo lab.	3 Bq/cm ²	1 Bq/cm ²	0,3 Bq/cm ²



□ Pevný RA odpad z RIA

- ✓ zkumavky po analýze
- ✓ odhad: > 200 kBq/kg
- ✓ doba skladování před likvidací:
 - minimálně 6 poločasů rozpadu
 - 360 dní

□ Kapalný RA odpad z RIA

- ✓ Limity pro uvolňování do ŽP:
 - povrchová voda i kanalizace: 10^{-4} Sv/m³
- ✓ Objemová aktivita:
 - povrchová voda: 6,67 Bq/l
 - kanalizace: 667 Bq/l
 - Ri z kitu: 3,6 – 60 MBq/l
- ✓ Konverzní faktor: $h_{\text{ing}} = 1,5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq

¹²⁵I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

❑ **Radiační charakteristiky II.**

✓ **Konverzní faktory – pracovníci: $7,3 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq**

prvek nuklid	inhalace				ingesce	
	typ	f ₁	h _{inh} [Sv/Bq]		f ₁	h _{ing} [Sv/Bq]
			d _{ama} =1 μm	d _{ama} =5 μm		
I-124	F	1	4,5·10 ⁻⁹	6,3·10 ⁻⁹	1	1,3·10 ⁻⁸
I-125	F	1	5,3·10 ⁻⁹	7,3·10 ⁻⁹	1	1,5·10 ⁻⁸
I-126	F	1	1,0·10 ⁻⁸	1,4·10 ⁻⁸	1	2,9·10 ⁻⁸
I-128	F	1	1,4·10 ⁻¹¹	2,2·10 ⁻¹¹	1	4,6·10 ⁻¹¹
I-129	F	1	3,7·10 ⁻⁸	5,1·10 ⁻⁸	1	1,1·10 ⁻⁷
I-130	F	1	6,9·10 ⁻¹⁰	9,6·10 ⁻¹⁰	1	2,0·10 ⁻⁹
I-131	F	1	7,6·10 ⁻⁹	1,1·10 ⁻⁸	1	2,2·10 ⁻⁸

¹²⁵I v RIA laboratořích



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

☐ **Radiační charakteristiky II.**

✓ **Konverzní faktory – obyvatelstvo – INGESCE:**

prvek nuklid	věk < 1 rok		f1 > 1 rok	h _{ing} [Sv/Bq]				
	f1	h _{ing}		1 - 2	2 - 7	7 - 12	12 - 17	> 17 (dospělí)
I-125	1,000	5,2.10 ⁻⁸	1,000	5,7.10 ⁻⁸	4,1.10 ⁻⁸	3,1.10 ⁻⁸	2,2.10 ⁻⁸	1,5.10 ⁻⁸

☐ **Radiační charakteristiky II.**

✓ **Konverzní faktory – obyvatelstvo – INHALACE:**

prvek nuklid	typ	věk < 1 rok		f1 > 1 rok	h _{inh} [Sv/Bq]				
		f1	h _{inh}		1 - 2	2 - 7	7 - 12	12 - 17	> 17 (dospělí)
I-125	F	1,000	2,0.10 ⁻⁸	1,000	2,3.10 ⁻⁸	1,5.10 ⁻⁸	1,1.10 ⁻⁸	7,2.10 ⁻⁹	5,1.10 ⁻⁹
	M	0,200	6,9.10 ⁻⁹	0,100	5,6.10 ⁻⁹	3,6.10 ⁻⁹	2,6.10 ⁻⁹	1,8.10 ⁻⁹	1,4.10 ⁻⁹
	S	0,020	2,4.10 ⁻⁹	0,010	1,8.10 ⁻⁹	1,0.10 ⁻⁹	6,7.10 ⁻¹⁰	4,8.10 ⁻¹⁰	3,8.10 ⁻¹⁰

^{125}I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

□ Kategorizace prací a pracovišť I.

- ✓ Základní požadavky na standardní vybavení pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči

Kategorie pracoviště s otevřenými zářiči	Základní požadavky na vybavení pracoviště ventilačními a izolačními zařízeními a na úroveň provedení kanalizace
I.	Jako běžná chemická laboratoř, tj. stěny a strop s omyvatelným a neporézním povrchem, podlaha pokryta odolnou dobře čistitelnou podlahovinou (např. PVC), pracovní povrchy z lehce čistitelného materiálu (např. laminát nebo nerez), celistvé a bezešvé, odpadní jímka z lehce čistitelného materiálu, může být přímo napojena na kanalizaci.
II.	Jako dobře vybavená chemická laboratoř, tj. kromě požadavků na pracoviště kategorie I navíc utěsněné spoje mezi podlahou, stěnami, stropem a pracovními povrchy, digestoř, kanalizace zpravidla napojena na samostatnou záchytnou nádrž.
III.	Jako velmi dobře vybavená chemická laboratoř, tj. kromě požadavků na pracoviště kategorie II navíc vybavení podtlakovými skříněmi a kanalizací napojenou na samostatnou záchytnou nádrž.

¹²⁵I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

☐ Kategorizace prací a pracovišť II.

✓ Koeficienty vybavenosti pracovního místa

Vybavení pracovního místa izolujícími a ventilačními zařízeními	Kategorie pracoviště s otevřenými zářiči		
	I.	II.	III.
Podtlaková hermetizovaná skříň s rukavicemi nebo manipulátory	10	10	1
Částečně hermetizovaná podtlaková skříň	10	1	0,1
Uzavřený eluční, či podobný systém	1	1	0,1
Radiochemická digestoř, skříň s laminárním prouděním	1	1	0,1
Volná plocha anebo pracovní stůl v místnosti se sestupným laminárním prouděním	0,1	0,1	0,01
Běžná chemická digestoř	0,1	0,01	0,001
Skříň bez ventilace (ochranný štít, stan ap.)	0,1	0,01	0,001
Volná plocha, pracovní stůl	0,01	0,001	0,0001



□ Kategorizace prací a pracovišť III.

- ✓ **Charakteristika materiálů a práce s nimi v závislosti na fyzikální charakteristice zpracovávaných materiálů a na náročnosti a potenciální rizikovosti prováděných pracovních operací**

Charakteristika materiálů a práce s nimi	Popis podle fyzikální charakteristiky zpracovávaných materiálů a podle náročnosti a potenciální rizikovosti prováděných pracovních operací
Normální	Pracovní operace se suchými pevnými radioaktivními materiály, např. vážení, dělení, ohřívání, chov laboratorních zvířat s aplikovanými radionuklidy.
Za mokra	Pracovní operace s radioaktivními materiály v roztoku, kromě těkavých kapalin.
Těkavé kapaliny	Pracovní operace s tritiovými kapalinami, značenými organickými kapalinami, roztoky s radioaktivním jódem, nebo s jinými kapalinami, kde je možný vznik radioaktivních výparů nebo kontaminace vzduchu.
Potenciálně prašné	Pracovní operace se suchými pevnými radioaktivními materiály, kde je možný vznik významného množství respirabilního prachu, například rozmělnování, drcení nebo mletí látek přesévání nebo přesypání suchých prašných materiálů.

^{125}I v RIA laboratoři



SLEDOVANÉ PÁSMO
SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO
ZÁŘENÍ

☐ Kategorizace prací a pracovišť IV.

✓ Maximální aktivity zpracovávané na pracovním místě

Kategorie pracoviště s otevřenými zářiči	Maximální aktivity na jednom standardně vybaveném ^{a)} pracovním místě ^{b)} v závislosti na charakteristice materiálů a práce s nimi ^{c)} a konverzním faktoru h_{inh} pro příjem vdechnutím ^{d)}			
	normální	za mokra	těkavé kapaliny	potenciálně prašné
I.	60 Sv / h_{inh}	3000 Sv / h_{inh}	1 Sv / h_{inh}	3 Sv / h_{inh}
II.	600 Sv / h_{inh}	30000 Sv / h_{inh}	150 Sv / h_{inh}	600 Sv / h_{inh}
III.	8000 Sv / h_{inh}	30000 Sv / h_{inh}	1600 Sv / h_{inh}	8000 Sv / h_{inh}

- a) Standardně vybaveným pracovním místem je pracovní místo vybavené tak, že tomuto vybavení odpovídá v tabulce č. 2 této přílohy koeficient vybavenosti pracovního místa rovný jedné.
- b) Pro přírodní uran a thorium, ochuzený a obohacený uran, radionuklidy Sm-147, Th-232, U-235 nebo U-238 se použijí desetinásobky v tabulce uvedených hodnot.
- c) Charakteristiky materiálů a práce s nimi jsou vysvětleny v tabulce č. 3 této přílohy.
- d) Konverzní faktory h_{inh} pro příjem vdechnutím u pracovníků se zdroji uvedené v tabulkách přílohy č. 3.

Radiální imunodifúze

- ❑ je imunoprecipitační kvantitativní metoda stanovení bílkovin
- ❑ principem metody je kruhová (radiální) difúze antigenu do vrstvy gelu, který obsahuje příslušnou protilátku
- ❑ stanovovaná bílkovina (má v reakci charakter antigenu) difunduje z místa startu do gelu, kde interaguje s protilátkou a vytváří kruhový precipitát (sraženinu)
- ❑ plocha tohoto kruhu je přímo úměrná koncentraci stanovované bílkoviny

Radiální imunodifúze

□ **Výhody:**

- ✓ **nenáročnost na vybavení laboratoře**

□ **Nevýhody:**

- ✓ **relativně dlouhá doba inkubace (2-3 dny)**



**Děkuji za
pozornost.**