



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Lekce 6

ENV012 ChB HazMat

Detekce

Principy detekce radiace

Ing. Pavel Častulík, CSc

castulik@recetox.muni.cz

Jaro 2012



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Principy detekce radiace



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OSNOVA

- Charakteristika radiace
- Principy radiálních detektorů



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Detekce radioaktivní kontaminace



Radiační expozice

- Bez ohledu na zdroj radioaktivního záření, radiační energie se se absorbuje v lidském těle, které je vystaveno radioaktivnímu zdroji. Množství energie závisí mimo jiné na energetické charakteristice a typu radiačního zdroje, tj. jeho pronikavosti a zda zdroj záření působí vně (vnější expozice) nebo uvnitř (vnitřní expozice) těla



Detekce radiace

Charakteristika radiace

- Na rozdíl od expozice osob s přímým kontaktem chemických nebo bakteriologických látek, v případě vlivu radiace nemusí osoby přijít do přímého kontaktu se zdroji záření.
- Radiační energie je přenášena buďto elektromagnetickým zářením (x , γ) nebo energetickými částicemi (α , β , n°).

Radiační dávka/příkon

- Expozice představuje ozáření jakéhokoliv objektu, živého nebo neživého.
- Velikost ozáření je vyjádřena radiační absorbovanou dávkou (RAD), jež představuje absorpci 100 ergů energie na 1 gram tkáně.
- Podle SI systému jednotkou dávky je *Gray (1 Joule per kilogram)*, který se rovná 100 RAD nebo $1 \text{ RAD} = 0.01 \text{ Gy}$ (1cGy).
- Dávkový příkon představuje radiační dávku za časovou jednotku (RAD/h, Gy/h)

Radiační dávka

- Radiační dávka představuje množství energie absorbované tělem a je vyjadřována jednotkou *REM* (*Roentgen Equivalent Man*). Podle systému SI jednotkou radiační dávky je *Sievert*, který je rovný *100 REM*

Úroveň ozáření

- Okamžité (akutní) dávky 200-1000 RAD a více se projevují během hodin, dnů nebo týdnů po expozici. Akutní dávky jsou smrtelné a způsobují destrukci krvetvorné kostní dřeně, vyřazení zažívacího a nervového systému, sterilitu a poškození plodů v mateřském těle. Lokalizovaná vysoká dávka ničí tkáň, kterou je nutno chirurgicky odstranit (včetně amputací, aj.)
- Účinky radiace ~100 RAD, které se neprojevují v krátkém čase patří do kategorie latentních (zpožděných) účinků, jež se statisticky projevují jako následky zvýšené rakoviny u postižené populace.
- Nízké expozice se nemusí projevovat poškozením kostní dřeně, zažívacího či nervového systému a ani výrazným výskytem rakoviny, či poškozením plodů.
- Pro minimalizaci rizika z vlivu ozáření je pro pracovníky s radioaktivní zdroji záření stanovena maximální hodnota dávky za rok 5 REM nebo 0.05 Sievert.

Symptomy ozáření

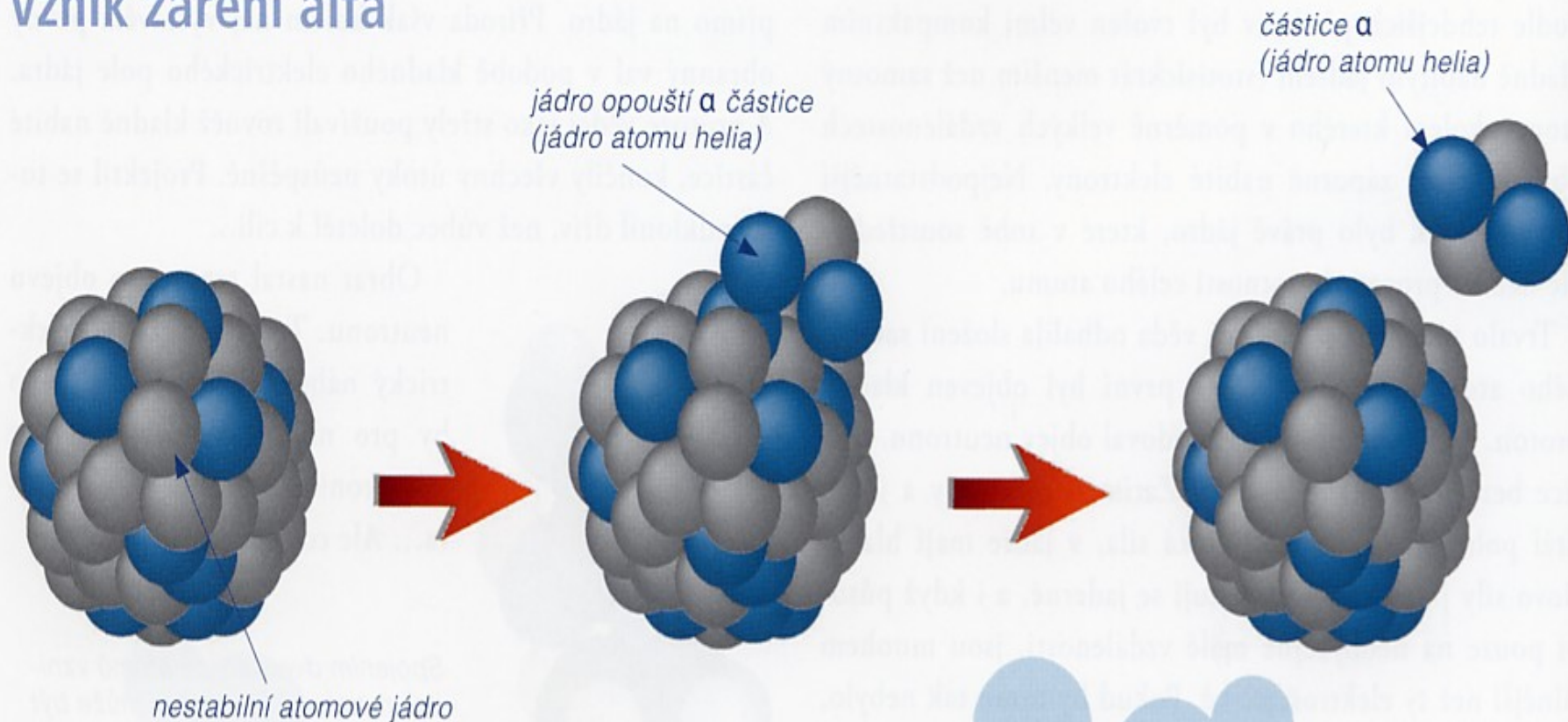
- Bolesti hlavy
- únava/vyčerpání
- Slabost
- Nevolnosti
- Zvracení
- Průjmy
- Chudnutí
- Popáleniny I, II, III stupně
- Epilace
- Zduření lymfatických uzlin
- Krvácení kůže
- Vředy
- Úbytek trombocytů
- Příležitostné infekce

Dávky ozáření, nástup symptomů a jejich trvání

Dávka cGy	Symptomy	Nástup	Trvání
0-35	Žádné	-	-
35-75	Střední nevolnost, bolest hlavy	6 hod	12 hod
75-125	Nevolnost/zvracení (30%)	3-5 hod	24 hod
125-300	Nevolnost/zvracení (70%)	2-3 hod	3-4 dny
300-350	Silná nevolnost/zvracení (90%) Průjem (10%)	1 hod 2-6 hod	3-4 dny 2-3 týdny
530-830	Silná nevolnost/zvracení (90%) Průjem (10%)	1 hod 1-8 hod	
830-3000	Silná nevolnost/zvracení (90%) Desorientace (100%)	3-10 min 3-10 min	Do smrti 30min-10hod

Vznik částickového záření alfa (α)

vznik záření alfa



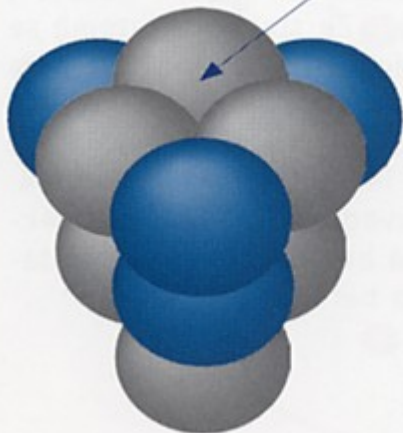
Nestabilní atomové jádro s nadbytkem protonů a neutronů může vyzářit nadbytečné částice v podobě záření alfa.

Vznik částicového záření beta (β)

vznik záření beta

Pokud je uvnitř nestabilního jádra příliš velké množství neutronů, může se některý z neutronů rozpadnout na proton a elektron.

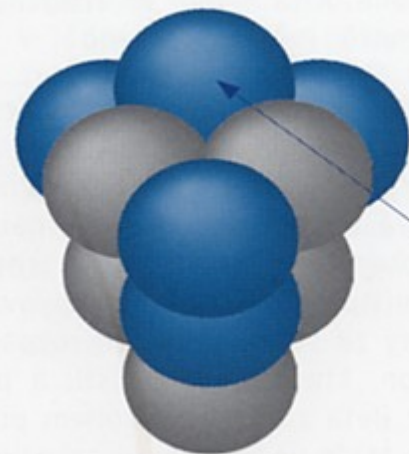
neutron se rozpadá na proton a elektron



elektron (částice β) opouští jádro



proton zůstává v jádře

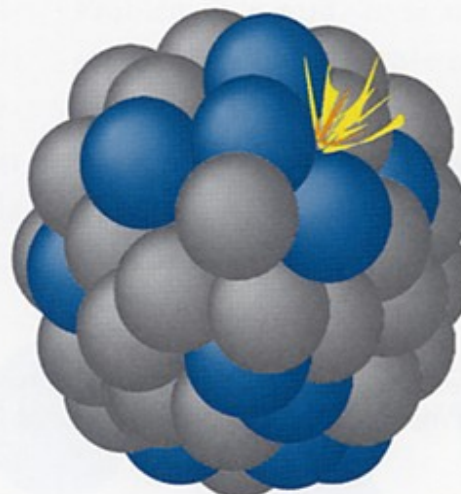


Vznik elektromagnetického záření gama (γ)

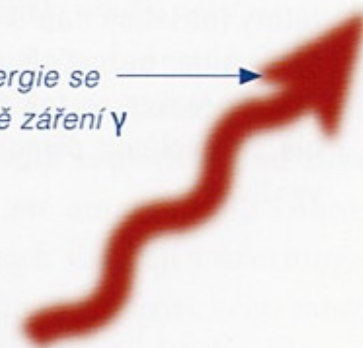
vznik záření gama

Jednou z cest, kterou se jádro zbavuje přebytečné energie, je její vyzáření v podobě záření gama (elektromagnetické záření).

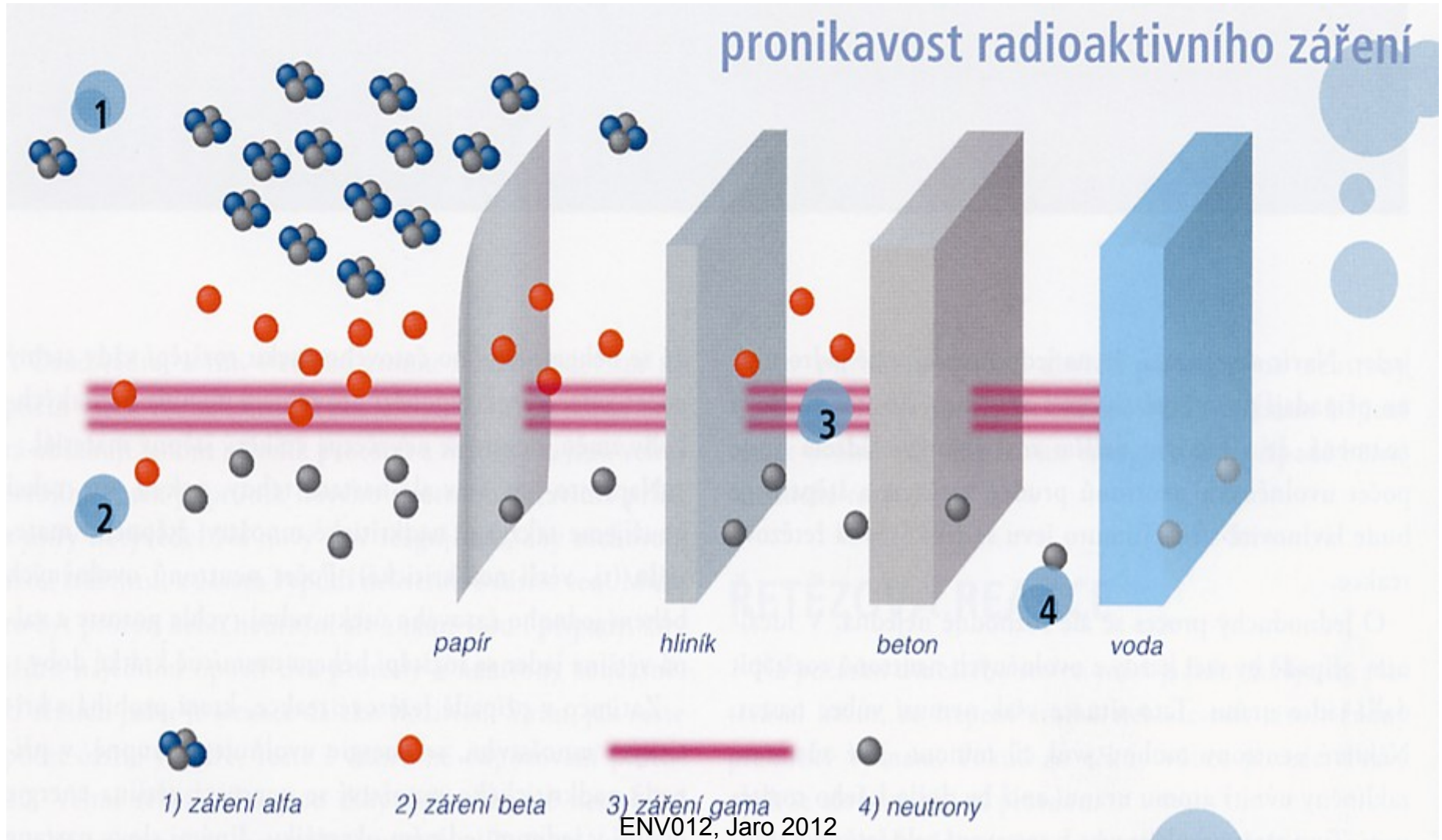
nestabilní atomové jádro



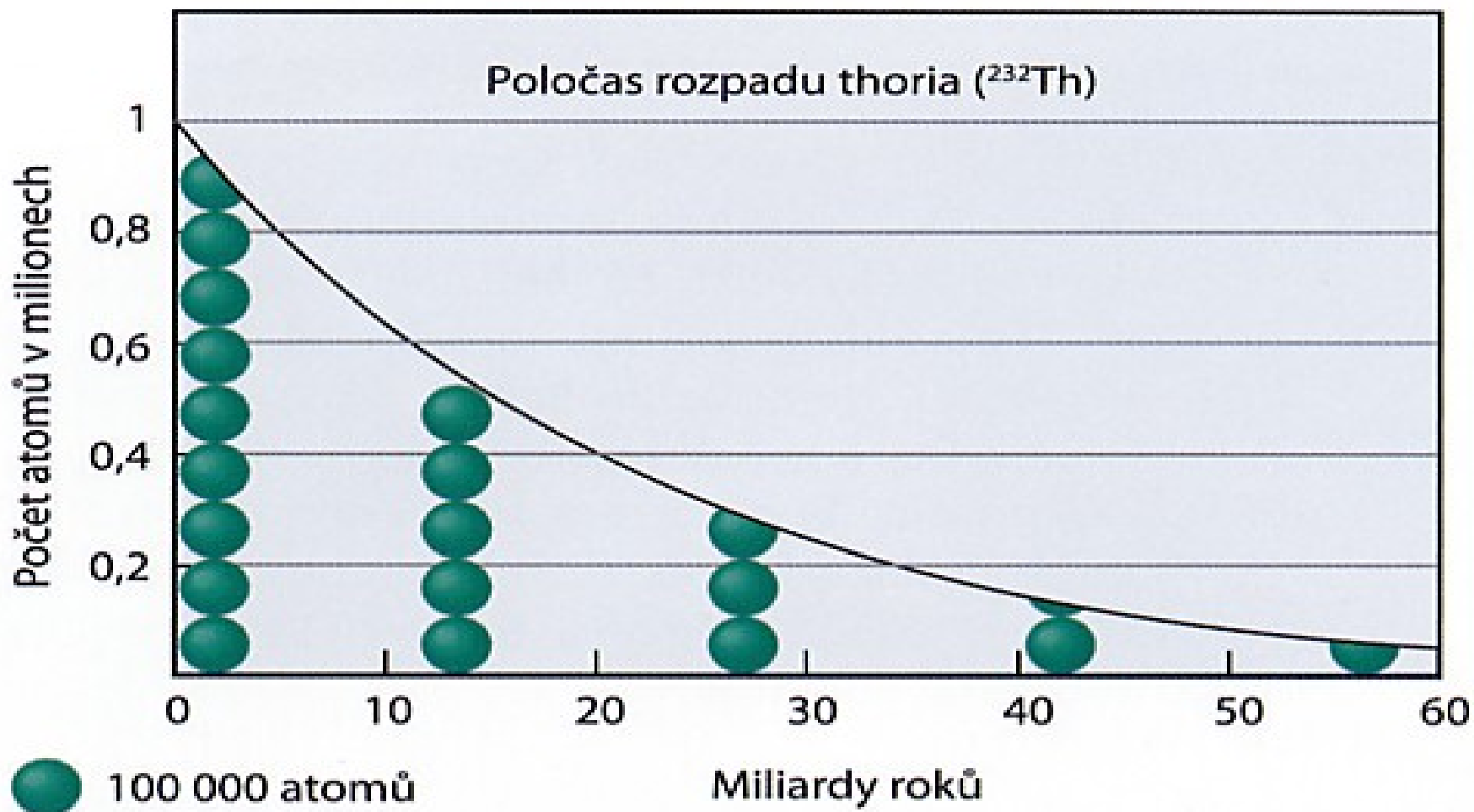
přebytečná energie se
uvolní v podobě záření γ



Stínění radioaktivních záření



Poločas rozpadu izotopů



Detekce ionizační záření

- Nelze detekovat lidskými smysly

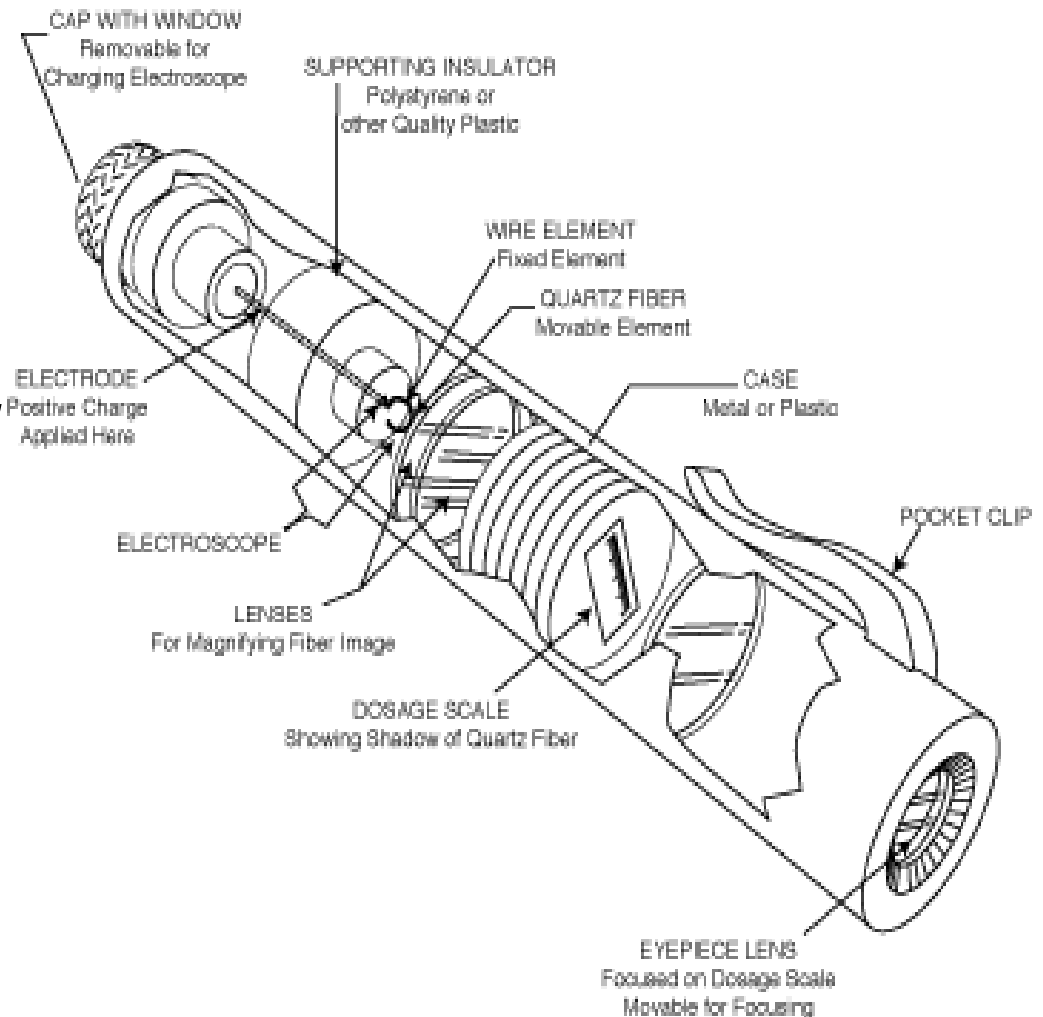


- Detekovat lze pouze pomocí přístrojů



Principy radiačních detektorů

- **Ionizační komory:** měří dávky a dávkový příkon γ a x -radiace
- Ionizační komůrka obsahuje 2 elektrody, z nichž jednou je křemenné vlákno, které se pohybuje v závislosti na dávce způsobující vybití elektrického náboje dříve nabité komůrky



Principy radiačních detektorů

- **Geiger-Muellerův čítač**
detekuje interakci záření přes počítačovou komoru
- *GM je citlivý na nízké úrovni radiace β částic a méně účinný pro fotonové γ -záření.*
- *Odstíněním komory pro γ -záření lze rozlišit podíl obou záření (β/γ)*
- **Proporcionální čítače**
jsou široce používány pro detekci zejména α částic, neutronů a protonů
- Výstupní signály z počítačové komory jsou proporcionální uvolněné energii v citlivé komoře

Principy radiačních detektorů

- **Scintilační čítače** jsou kombinací trubice fotonásobiče se scintilačním materiálem, kterým mohou být krystaly nebo jiné fotofóry (pevné, kapalné, plynné). Světelné pulsy, vznikající ve scintilátor působením radiace, uvolní fotoelektrony z katody ve fotonásobiči, jež následně iniciují proud pulsů, které jsou počítány.
- Scintilační čítače detekují široké spektrum radiace α částic, β elektronů, γ -záření neutronů a protonů.
- Nejčastěji se používají jako čítače α částic a nízkých úrovní γ -záření

Principy radiačních detektorů

- **Chemické dozimetry** jsou založeny na chemických změnách způsobených ionizačním zářením, které generuje kyseliny v systému jež mohou stanoveny kolorimetricky nebo mnohem přesněji odečtem pH či titrací.
- Chemické detektory jsou převážně určeny pro měření velmi vysokých dávek γ -radiace (stovky – miliony cGy).
- Nicméně existují i detektory s malým objemem pro rozsahy od několika cGy do několika tisíců cGy.

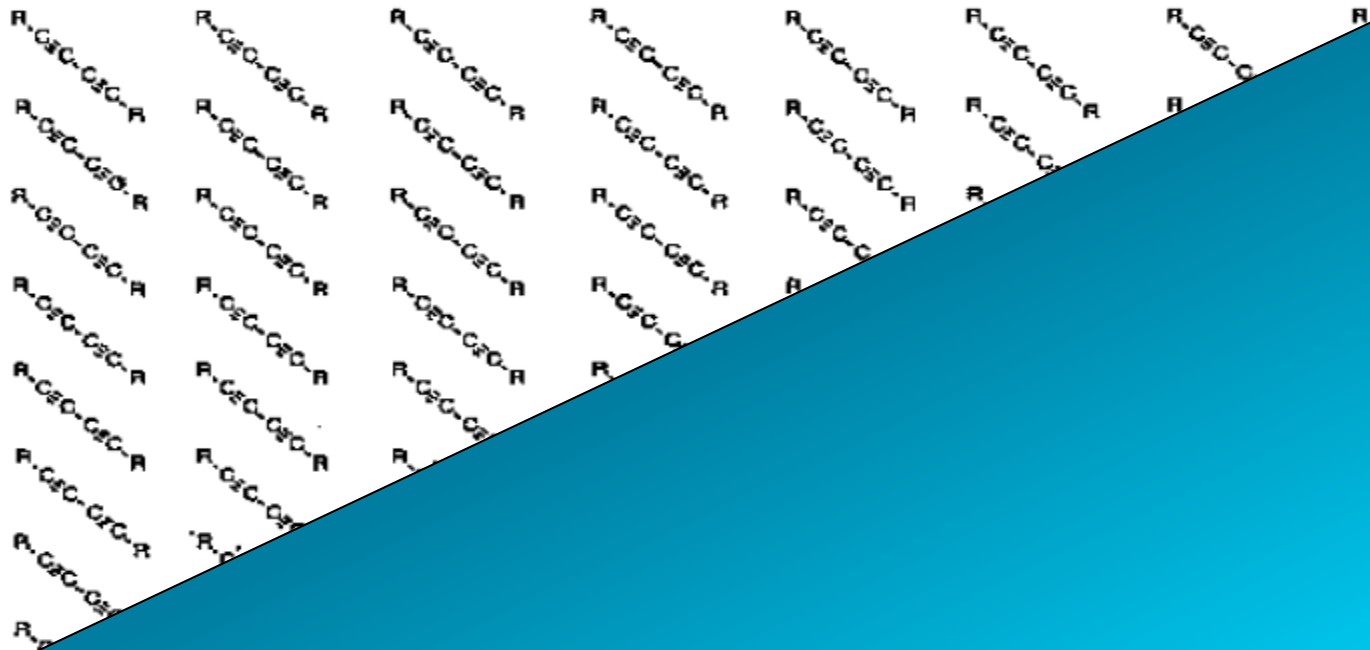
Principy radiačních detektorů

- **Termoluminiscenční dozimentry** detekují radiaci tvorbou metastabilních krystalových struktur s valenčními elektrony. Tyto elektrony jsou po zahřátí krystalu volněny z jejich přechodného stavu v krystalové mřížce a vrátí se opět do stavu s jejich nejnižší energií. Tento přechod elektronů do nižšího energetického stavu je doprovázen uvolněním světla.
- Množství uvolněného světla je proporcionální radiační expozici. Příkladem jsou skleněné radiofotoluminiscenční dozimentry, které pokud byly radiačně exponovány, potom při iniciaci UV pulsem vyzáří světlo odpovídající radiační expozici. Dozimentry aktivované atomy stříbra nelezly nejširší uplatnění při detekci γ -radiace v rozsahu od 0.01 do několika milionů cGy.
- Tento typ dozimetrů nelze vynulovat, poskytují celkovou kumulativní dávku.
- Křemíkové dozimentry jsou nejvhodnější pro měření vysokoenergetických neutronů v rozsahu 1 až 1000 cGy. Neutrony v křemíkových diodách způsobí přesun atomů v křemíkovém krystalu a tyto změny způsobí relativně neměnné změny v elektrické vodivosti.

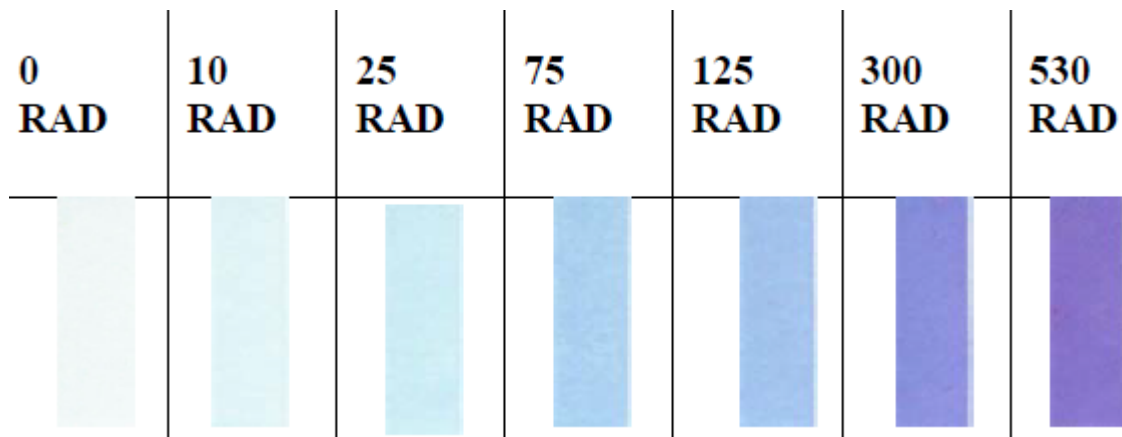
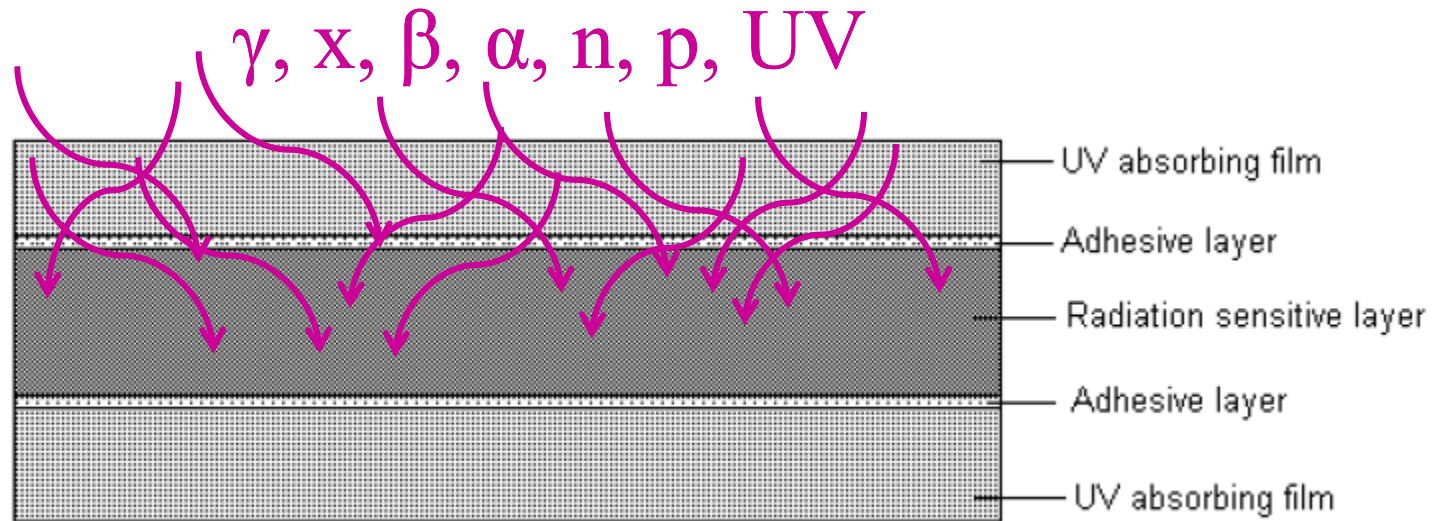
Principy radiačních detektorů

- **Fotografické emulze (filmové dozimetry)** exponované radiací po chemickém vyvolání vykazují denzitometrické změny.
- Filmové dozimetry jsou určeny pro rozsahy nízkých expozicí (0.02 až 2 CGy) a pro vyšší expozice (1 až 1000 cGy). Kovové filtry jako hliník, měď, kadmium-wolfrám se používají na zvýšení přesnosti odečtu expozicí.
- V současnosti jsou tyto dozimetry nahrazovány termoluminiscenčními dozimetry

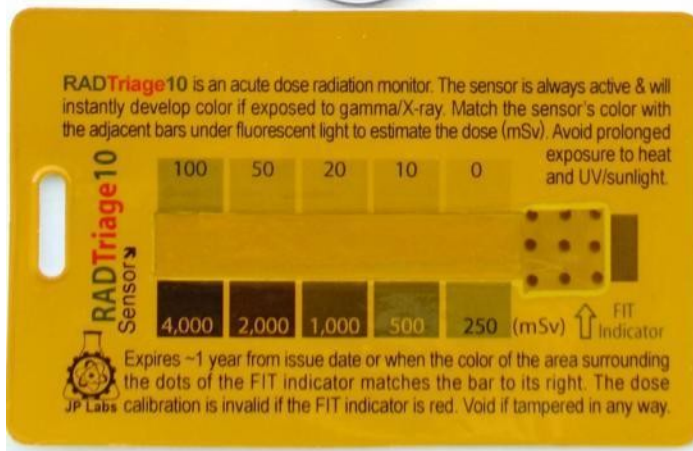
Polymerace diacetylénu po expozici zářením



Struktura Self-Indicating Radiation Alert Dosimeter „SIRAD“

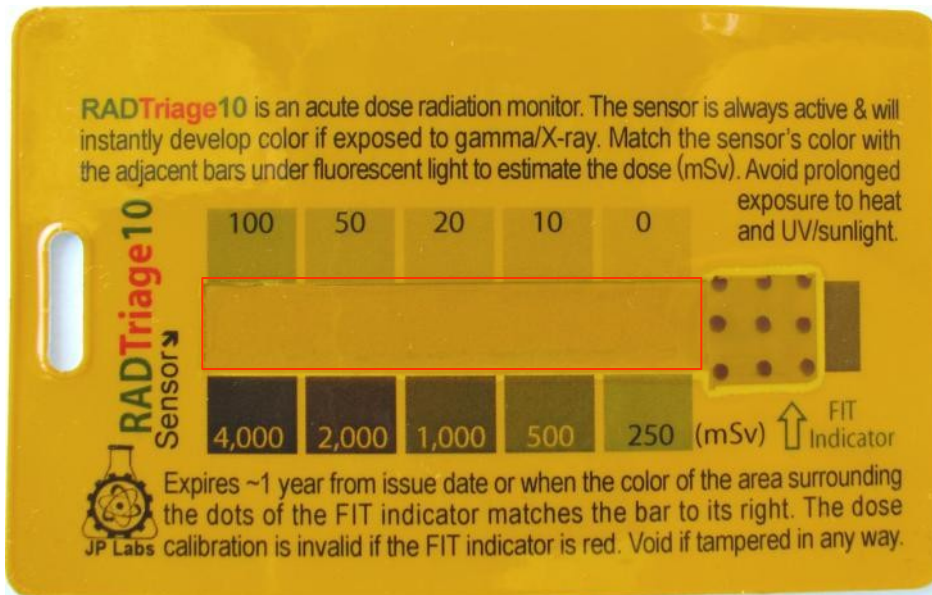


Personal Dosimeter RAD Triage



Next version will be
Thermo-Luminescence Detector
with „flip-out“ microchips
starting at 0,05 mSv

Personal Dosimeter RAD Triage



Self-Indicating Radiation Alert Dosimeter (SIRAD)
Dose Radiation range
10 mSv-4000-10000 mSv

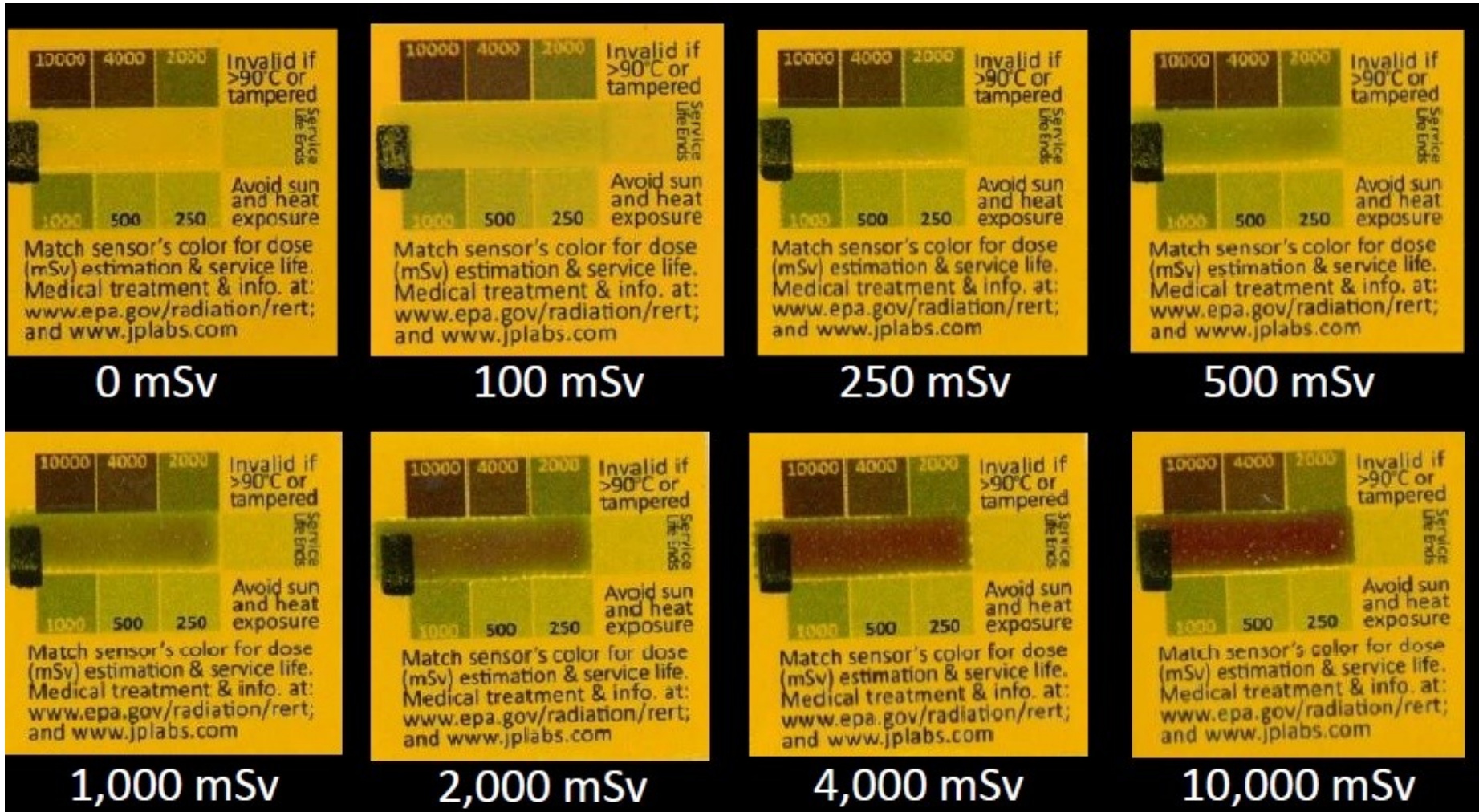
Color change of the sensor responds to gamma/X-ray (energy higher than 30 KeV) and high energy (e.g., above 0.5 MeV) electrons/beta particles

Name & Issue Date:
SafetyDose & Return Date:

User agrees to read and follow instructions in manual (www.jplabs.com). It is recommended to learn about the effects of radiation dose, symptoms, treatment needed and whom to contact. Useful information is available at www.epa.gov/radiation/ret. Visit www.sirads.com for other helpful links. U.S. Patents 7,227,158; 7,476,874 and other issued and pending U.S. & international patents. A product of JP Labs distributed by XT Safety, LLC 101 DataFarm Road, Falmouth, KY, 41040; Tel: +1 859 654 6636 Email: info@xtsafetynow.com Made in U.S.A.



Effects of dose (mSv)



Radiologický průzkum

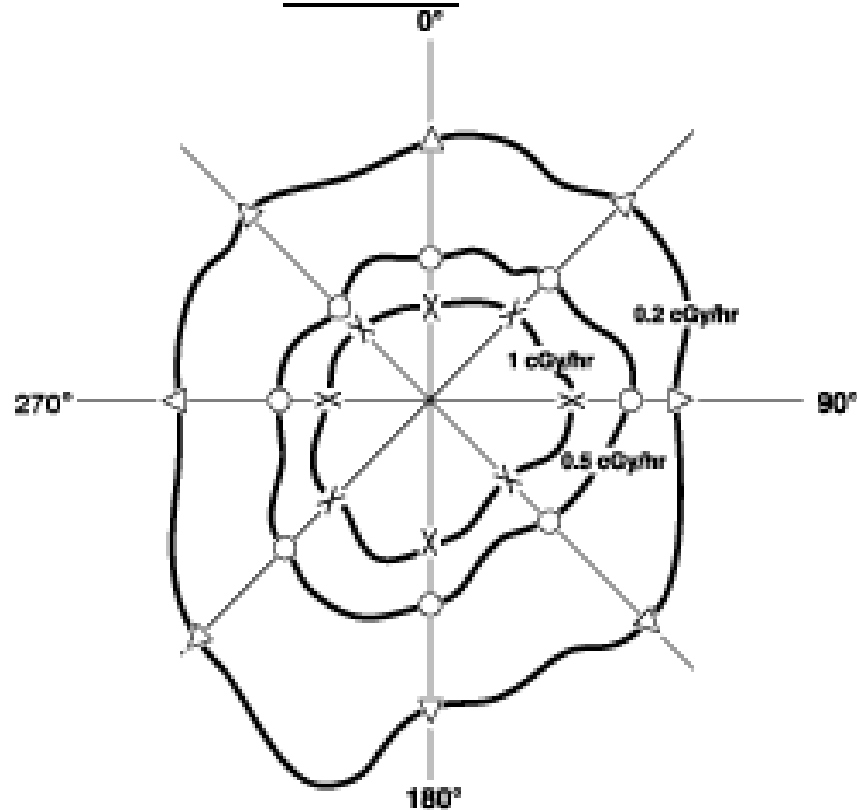
- Radiační průzkum je prováděn za účelem stanovení rozsahu zdravotního nebezpečí, určení ochranných kontrolních hranic a poskytovat údaje potřebné k provádění dekontaminace(dezaktivace) osob, prostředků, materiálů, budov a ostatního prostředí.

Provádění pěšího průzkumu s použitím detektorů

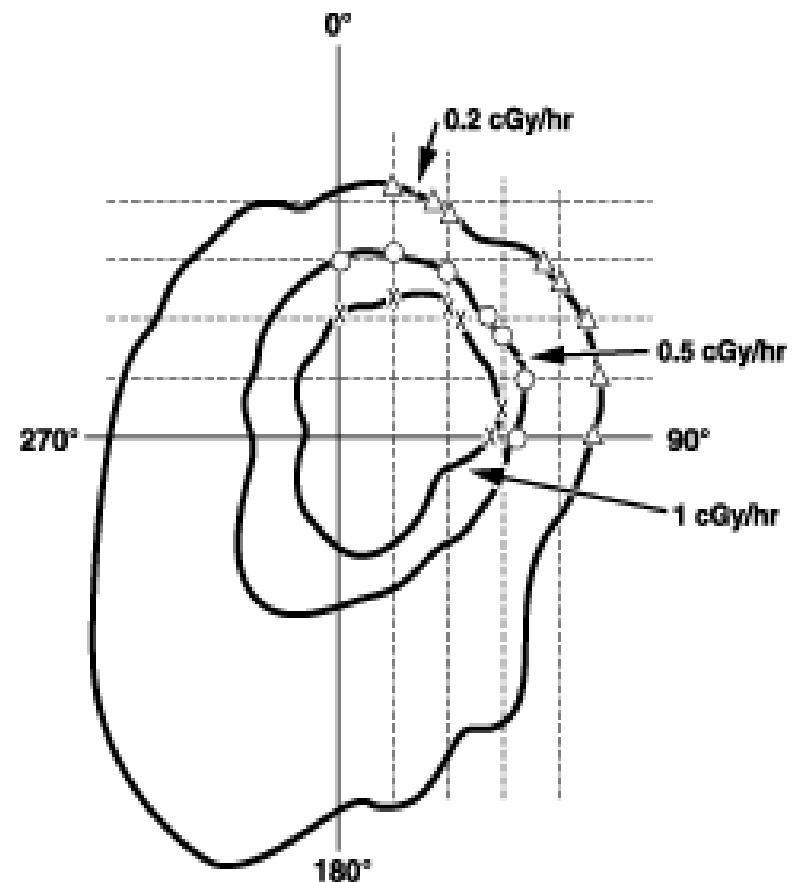


Stanovení radiačních izodoz

- Základním úkolem průzkumu je stanovení hranic izodoz formou radiální



- nebo souřadnicovou



Průzkum a odběr vzorků



DOTAZY



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ZÁVĚRY



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ZÁVĚRY

VÝSTUPY LEKCE