

## Radiačná ochrana na urýchľovačoch

*Pavol Vojtyla*  
*CERN, Safety Commission*

# Prečo radiačná ochrana?

---

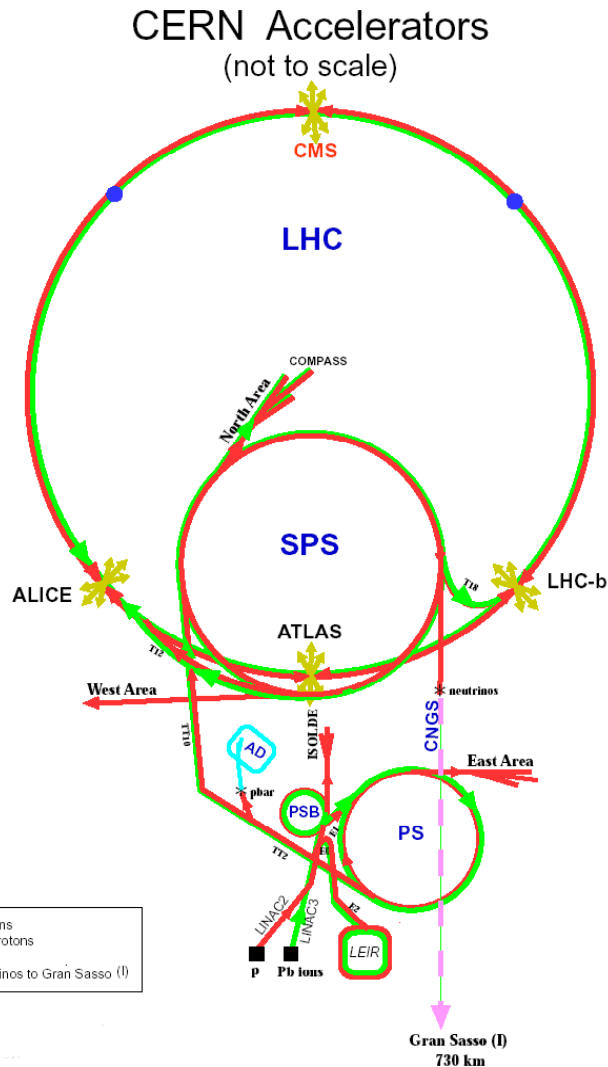
- Používanie elektrónových a protónových (hadrónových) urýchľovačov v časticovej fyzike generuje sekundárne žiarenie, ktoré môže prenikať tieniacimi štruktúrami a aktivovať materiály.
  - Promptné - okamžité žiarenie
  - Rádioaktivita v materiáloch
- Časť žiarenia a rádioaktivity sa môže dostať do životného prostredia ako rozptýlené žiarenie a emisie rádioaktívnych látok (vzduch, voda, aerosol).

# Cieľ radiačnej ochrany

---

- ...Je **predísť** tienením, interlockmi, procedúrami, definíciami a monitorovaním zón, osobnou dozimetriou, monitorovaním životného prostredia...
- ...škodlivým priamym efektom (reakcie tkaniva), a limitovať pravdepodobnosť stochastických efektov pod úroveň považovanú obecnne za prijateľnú.

# Urýchľovače v CERNe



- Linacy
- PSB
- PS
- SPS
- (LHC)
- Experimentálne zóny
  - ISOLDE
  - AD, LEIR, n-TOF
  - East Hall, West Hall
  - Prévessin
  - CNGS

# Zdroj problému: straty zväzku

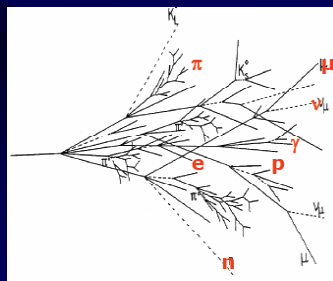
---

- Častice s vysokou energiou musia interagovať s hmotou aby generovali žiarenie a produkovali rádionuklidy
  - Elementy čistenia zväzku (kolimátory)
  - Elementy extrakcie zväzku (kicker)
  - Terčičky
  - Detektory
  - Absorbéry zväzku (beam dump)

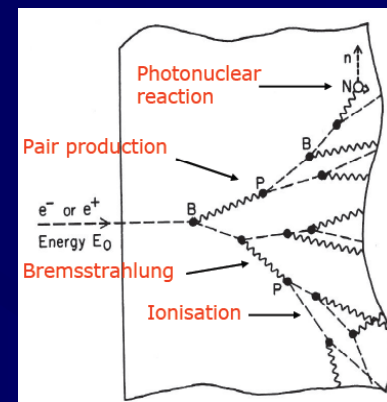
# Fundamentálny rozdiel

- Hadrónové urýchľovače (p, ŤI) • Leptónové urýchľovače ( $e^+e^-$ )
  - Hadrónové kaskády (p, n, n-bar, p-bar,  $\pi^{0,\pm}$ , K,  $\gamma$ ,  $e^\pm$ ,  $\mu^\pm$ )
  - Aktivácia materiálov
  - Synchrotrónové žiarenie zanedbateľné
- Iba elektromagnetické kaskády ( $\gamma$ ,  $e^\pm$ ,  $\mu^\pm$ )
- Synchrotrónové žiarenie
- Aktivácia materiálov zanedbateľná

- Príklad: SPS, LHC



- Príklad : LEP



# Základy dozimetrie

---

- Dva typy reakcií
  - Reakcie tkaniva (priama reakcia, odumretie tkaniva...)
  - Stochastické efekty (nastávajú s určitou pravdepodobnosťou, ako vznik rakoviny, mutácia...)
- Pojem dávky ionizujúceho žiarenia
  - Fyzikálny
  - Rádiobiologický

# Fyzikálna dávka – mŕtva hmota

---

$$D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$$

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$



# Reakcia človeka

---

- Tvorba OH<sup>-</sup> radikálov ktoré poškodzujú tkanivá
- Poškodenie DNK: rakovina, mutácie
- 4,2 Gy zvýši teplotu litra vody o 0,001 °C, avšak celotelová dávka 1 Gy absorbovaná v krátkom čase povedie k serióznej radiačnej chorobe.
- Rôzne typy žiarenia (častíc) majú rôzny efekt na organizmus
- Zavádza sa **dávkový ekvivalent**  $H=QD$  a meria sa v Sievertoch Sv

# Faktor Q : faktor kvality

---

- Je to konvenčný faktor vyjadrujúci účinnosť častíc v poškodzovaní organizmu.

# Dozimetrické veličiny

---

- Ochranné veličiny definované pre ľudské telo a používané ako referenčné parametre v odporúčaníach obecného charakteru
- Operačné veličiny definované pre demonštráciu meraniami, že ochranné veličiny neboli prekročené.
- Operačné sú vhodné na konštrukciu meracích prístrojov.

# Ochranné veličiny

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int D dm$$

$$H_T = w_R D_{T,R}$$

$$E = \sum_T w_T H_T$$

- Stredná absorbovaná dávka v tkanive  $T$
- Ekvivalentná dávka v tkanive  $T$  od žiarenia  $R$ 
  - $w_R$  váhovací faktor žiarenia (1 pre fotóny a elektróny, 20 pre alfa častice, 5 až 20 pre neutróny)
- Efektívna dávka (celotelová)
  - $w_R$  váhovací faktor tkaniva (0,12 kostná dreň...0,01 mozog)

# Faktor risku

---

- Rakovina, kardiovaskulárne choroby, genetické efekty:
- 6% / Sv

# Dávkové príkony okolo urýchľovačov

---

- V tuneloch počas prevádzky:
- ISOLDE terčik: 30 Gy/h (3 m)
- Protónový Synchrotrón: 20 – 200 Gy/h
- Super Protónový Synchrotrón: 1 – 100 Gy/h
- LHC: 300 Gy/h (kolimátory v bode 7)
- V prístupných zónach za urýchľovačovým tienením
- Experimentálne haly: niekoľko  $\mu\text{Sv/h}$
- V životnom prostredí: niekoľko  $\text{nSv/h}$

# Dávkové limity

---

- Člen verejnosti: 1 mSv/rok
- Obyčajný pracovník: 1 mSv/rok
- Radiačný pracovník kategórie B: 6 mSv/rok
- Radiačný pracovník kategórie A: 20 mSv/rok
  
- Najväčšiu časť celkovej dávky dostávajú radiační pracovníci pri údržbe urýchľovačov (výmena káblov...)

# ALARA

---

- **As Low As Reasonably Achievable**
  1. Opodstatnenie
  2. Optimalizácia
  3. Limitácia



# Elementy Radiačnej Ochrany

---

- **System prístupu k urýchľovačovým zónam**
  - Dávky pri niektorých zónach urýchľovačov sú smrteľné
  - Pred spustením treba zaručiť, že sa v daných oblastiach nikto nenachádza
  - Siréna a tlačidlo generálneho stopu
- **Definícia zón podľa dávkového príkonu a management prístupu do týchto zón podľa kategórie pracovníka**
  - Monitorovanie dávkového príkonu v zóne – kolektívna ochrana
- **Osobná dozimetria**
  - V niektorých zónach je potrebné mať aj tzv. operačný osobný dozimeter, ktorý indikuje dávku/dávkový príkon v reálnom čase
- **Monitorovanie životného prostredia**

# Príklady monitorov a dozimetrov



real time.  
audible signal.

# Príklady monitorov a dozimetrov



# Monitorovanie: Environmentálne laboratórium



- Gamma spektrometria

- 5 HPGe detektorov

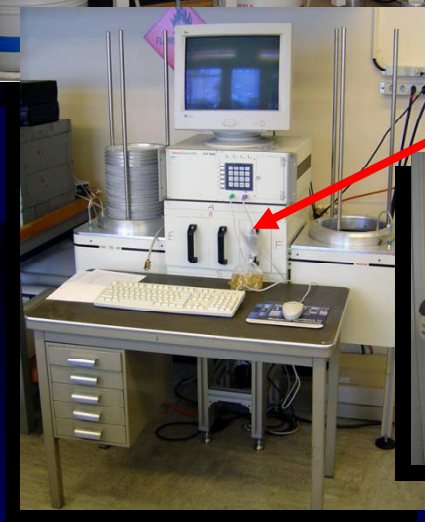
- $\alpha/\beta$  merania

- Proporcionálny detektor s automatickým výmenníkom vzoriek

- Kvapalný scintilačný počítač ( $^3\text{H}$ )

- Rozličné chemické analyzátory

- Zariadenia na spracovanie vzoriek



# Záver

- Poučenie:
- Akýkoľvek kvalitný môže byť systém radiačnej ochrany, výsledok závisí na správaní sa jednotlivca
- Zanedbanie predpisov môže mať ťažké následky.

