

# Referát z atomové a jaderné fyziky

## ***Detekce ionizujícího záření*** (principy, technická realizace)

**Měřicí a výpočetní technika**

**Šimek Pavel**  
**5.7. 2002**

Při všech aplikacích ionizujícího záření je informace o měřené veličině uložena ve změně toku částic svazku záření, které je nutno detekovat detektorem ionizujícího záření. Ve většině případech je použito detektorů jež poskytují elektrický výstupní signál. Veškeré způsoby detekce ionizujícího záření jsou založeny na jednotlivých jevech interakce ionizujícího záření s hmotou. Záření alfa a záření beta je korpuskulární záření nabitých částic, které mohou samy ionizovat. Záření gama ionizuje nepřímo a to prostřednictvím fotoelektronů, Comptonových elektronů, případně párů elektron – pozitron. Neutrony detekují pomocí vhodné jaderné reakce.

#### ***Detektor spektrometrický:***

-umožňuje nejen pouhou registraci interakce částice s detektorem a časového okamžiku kdy k němu došlo ale také stanovení energie částice.

#### ***Detektor nespektrometrický: (např. GMP)***

-neposkytují informaci o energii částice, použity k pouhé detekci a nikoliv spektrometrii částic nebo fotonů.

#### **Plynové detektory:**

Za standardních podmínek se plyny chovají jako velmi dobré izolanty. Působením přímo ionizujícího záření se některé atomy nebo molekuly, původně neutrální, přeměňují ionizací na kladně nabitě ionty a elektrony. Při interakci nepřímo ionizujícího záření tuto ionizaci způsobují sekundární nabitě částice. Důsledkem toho vodivost plynu vzrůstá.

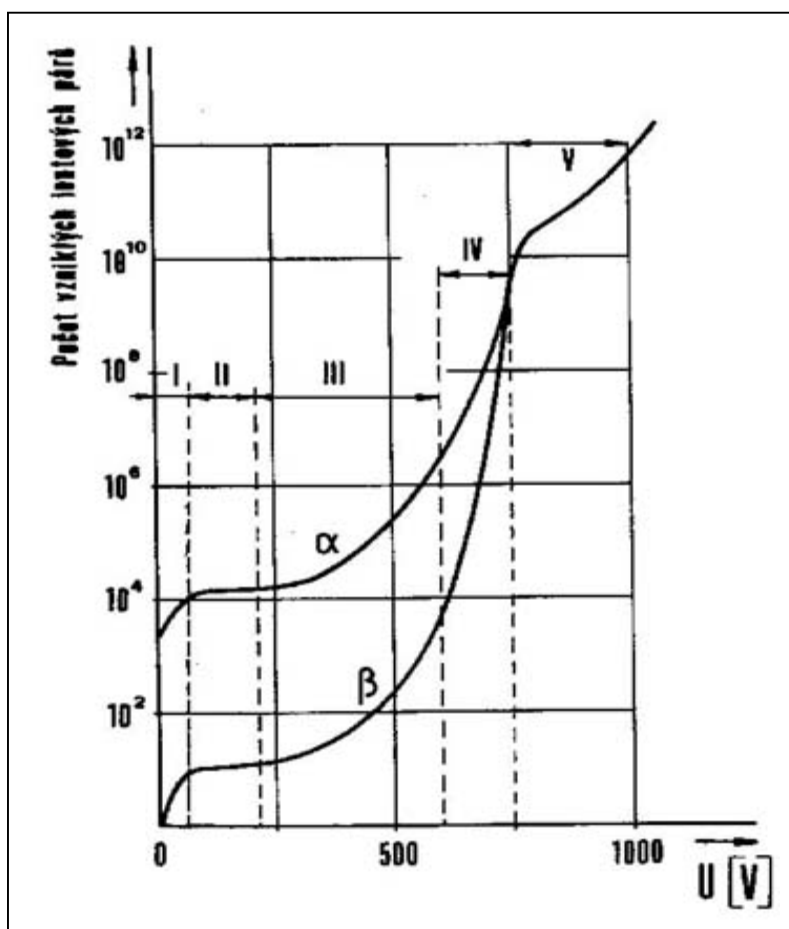
Do plynových detektorů lze zahrnout:

- ionizační komory
- proporcionální detektory
- Geiger – Mullerovy detektory

Rozdíly jednotlivých uvedených typů detektorů tkví ve zmnožení počtu primárních iontových párů, než dojde k jejich sběru na elektrodách detektoru. Hovoří se zde o zesílení.

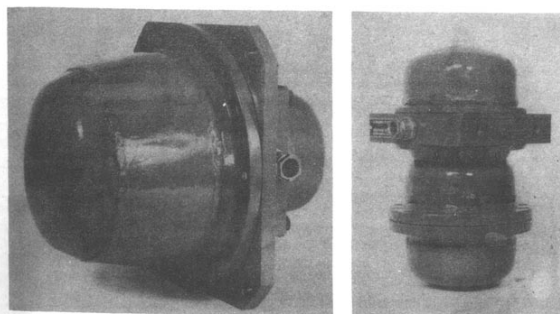
U ionizačních komor se pracuje obvykle v oblasti nasyceného proudu a zesílení  $Z=1$ , což znamená, že proud protékající ionizační komorou je tvořen ionty z primární ionizace. U proporcionálních detektorů je počet primárních iontů znásoben sekundární ionizací  $Z = 10^2-10^6$ , u G-M počítačů  $Z=10^8-10^{10}$ . Hodnota zesílení  $Z$  závisí na geometrii elektrod, na složení plynové náplně a na pracovním napětí detektoru.

Charakteristický průběh hodnoty elektrického náboje sebraného na elektrodách detektoru v závislosti na přiloženém pracovním napětí  $U$  je nakreslen na následujícím obrázku:

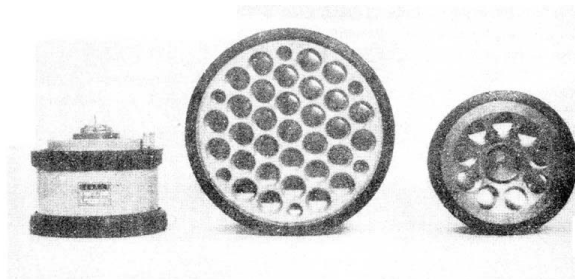


**Oblast I:** oblast platnosti Ohmova zákona. Pracovní napětí příliš nízké a sběr iontů nedokonalý. Této oblasti se k detekci ionizujícího záření neuzívá.

**Oblast II:** oblast nasyceného proudu. Pracovní napětí dostatečné aby se sebraly všechny ionty vytvořené primární ionizací. Proto hodnota ionizačního proudu nezávisí na hodnotě přiloženého pracovního napětí. V této oblasti pracují ionizační komory

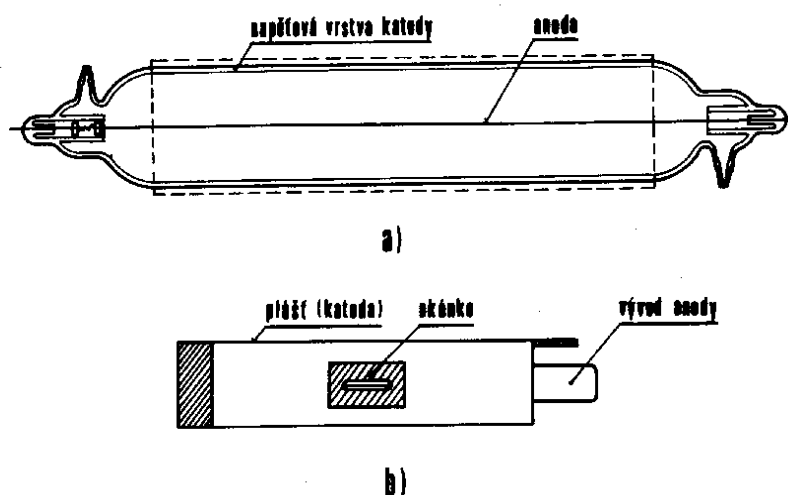


Ionizační komory pro záření gama



Ionizační komory pro záření beta

**Oblast III:** oblast proporcionální. Při dalším zvyšování pracovního napětí dochází k nárazové ionizaci a tím k vytváření dalších iontových párů, což zvyšuje hodnotu  $Q$ . Koeficient zesílení roste od hodnoty  $Z=1$  až do hodnoty  $Z=10^4$ . V této oblasti pracují proporcionální detektory.

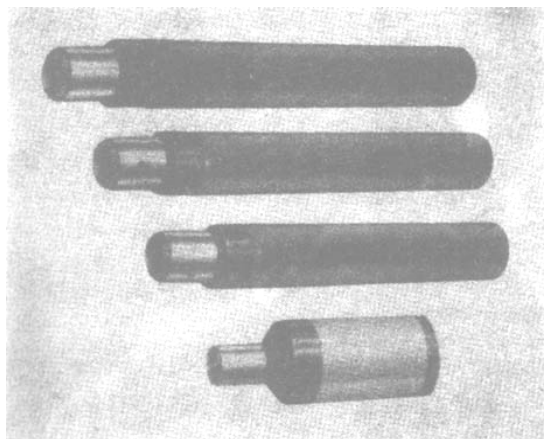


Konstrukce proporcionálních detektorů:

- a) průtokový pro měření radioaktivity plynů
- b) pro detekci záření X a měkkého gama

**Oblast IV:** oblast omezené proporcionality. Velikost náboje závisí jen do určité míry na počáteční ionizaci. O tom svědčí i skutečnost, že obě křivky ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) se navzájem přibližují. Není běžně používanou oblastí.

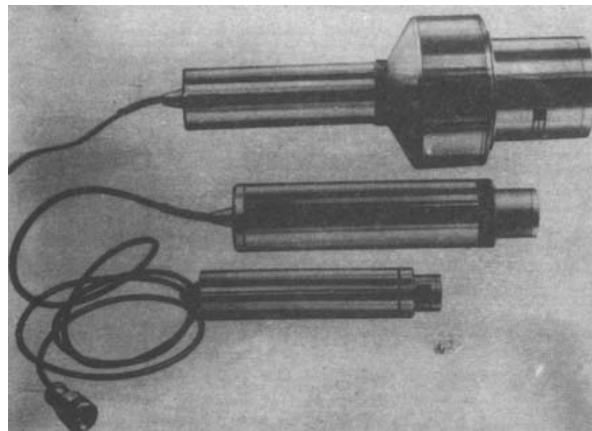
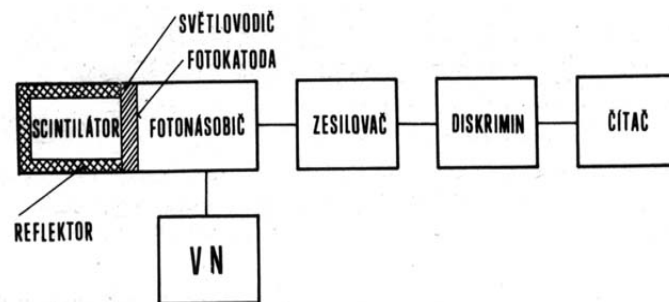
**Oblast V:** oblast Geiger – Mullerova . Charakterizovaná nezávislostí odezvy na velikosti původně vytvořených ionizací a pouze velmi pozvolnou závislostí na dalším zvyšování napětí. V této oblasti pracují G-M počítače.



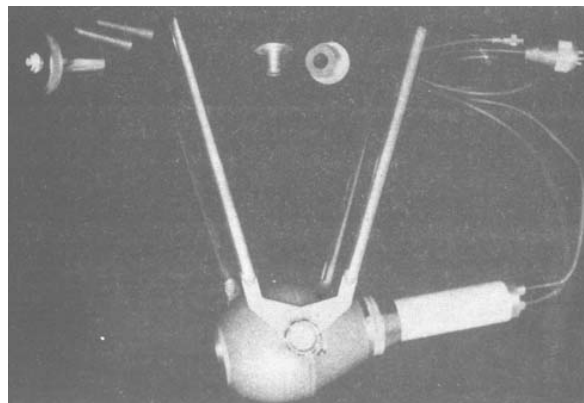
G-M počítače

## Scintilační detektory:

Využití scintilací k detekci ionizujícího záření je metoda používaná už Ruthefordem. Teprve použití scintilačního krystalu ve spojení s fotonásobičem však umožnilo širší použití scintilačních detektorů a zejména použití těchto detektorů ke spektrometrickým účelům. Záření způsobuje excitaci atomů scintilátoru. Při jejich návratu do základního stavu se emitují fotony zpravidla ve viditelné oblasti. Světelný záblesk se na fotokatodě fotonásobiče přeměňuje na elektrický impuls. Pro technické aplikace se používá nejčastěji scintilačních látek ve formě krystalu. Scintilační krystal je z bočních stran obklopen reflektorem a mezi krystalem a fotokatodou je optický kontakt. Tím je zaručeno, že větší část fotonů dopadne na fotokatodu.



Scintilační sondy

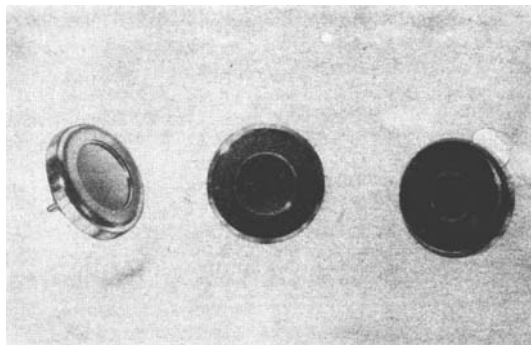


Scintilační sonda v kolimačním krytu

### **Polovodičové detektory:**

Založeny na ionizačních účincích v pevných látkách. Energie potřebná k tvorbě jednoho páru elektron – díra je asi 10 x nižší než energie potřebná k tvorbě iontového páru v plynu a asi 50 x nižší než energie nutná k uvolnění jednoho elektronu z fotokatody fotonásobiče.

Energetická rozlišovací schopnost polovodičových detektorů je proto značně lepší než rozlišovací schopnost detektorů plynových a scintilačních. Nevýhodou polovodičových detektorů nutnost nepřetržité udržování nízké teploty (Kapalný dusík – 77K), omezení dosažitelných rozměrů a tedy i menší geometrická účinnost.



Polovodičové detektory

Scintilační d. – alfa, těžké částice, beta, gama, neutrony

GMP poč. – alfa beta,gama

Ionizační komory- Beta, gama

Proporcionální det.- alfa,Beta,Gama(keV),neutrony

Polovodičové det.-alfa,beta,gama

### **Použitá literatura:**

***Šeda J.: Použití ionizačního záření v technice. Praha, ČVUT, 1973.***

***Gerndt J.:Detektory ionizujícího záření. Praha, ČVUT, 1996.***

***Jandl P. : Ionizující záření v životním prostředí, Praha, SNTL, 1988.***