

Stanovení koeficientu samoabsorpce
při měření aktivity pevných vzorků
4 π ionizační komorou.

Dr. Pavel Dryák

Ústav pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů

1. Úvod.

Často užívaným přístrojem pro stanovování aktivity pevných zářičů je 4 π ionizační komora. Zkušenost ukazuje, že hlavním faktorem omezujícím správnost měření je oprava na samoabsorpci záření ve hmotě zářiče. Tato korekce může být stanovena experimentálně zpravidla složitým postupem, např. rozpouštěním zdroje a stanovením aktivity vzniklého roztoku a pod. V takových případech je výhodnější korekci vypočítat. Problém není ovšem tak jednoduchý. Při měření ionizační komorou, která deteguje záření v úhlu blízkém 4 π prochází záření hmotou zářiče všemi směry, takže není dobře definovaná délka dráhy záření ve hmotě zdroje. Zároveň dochází k degradaci energie záření a k násobnému rozptylu. Analytické řešení problému stanovení korekce je prakticky nemožné a proto jsme přistoupili k ověření metody Monte Carlo. Tuto metodu lze snadno použít i pro komplikované geometrické tvary zářičů, je možno zahrnout i vliv konstrukce komory /z hlediska dodatečné absorpce záření ve stěnách, neúplný úhel 4 π a pod./.

Metoda byla ověřena pro ionizační komoru ÚVVVR, která má válcový tvar. Zářiče se vkládají do geometrického středu. Detekční objem komory je cca 7 l, komora je plněna argonem.

2. Program pro výpočet.

Blokové schéma programu pro výpočet odezvy komory na zářič libovolného tvaru a emitující záření libovolné energie je uvedeno na obr. 1. Odezva je součtem ionizačních proudů způsobených individuálními faktory. Historie každého fotonu začíná emisí z libovolného bodu uvnitř zdroje do libovolného směru. Předpokládá se tedy homogenní rozložení aktivity

v objemu zdroje. Nehomogenitu aktivity lze přirozeně též zahrnout, zkušenost však učí, že pro praxi to není potřebné, protože velká většina zdrojů je homogenní, u prokazatelně nehomogenních je nehomogenita neznámá.

Historie fotonu potom pokračuje tak, že je stanoven bod interakce v materiálu zářiče na základě bodu zrodu, směru emise energie fotonu a délky dráhy dané vztahem:

$$x = - \frac{1}{\mu} \log R$$

kde R je náhodné číslo v intervalu /0,1/. Jestliže bod interakce leží mimo objem zářiče, je vypočten jako příspěvek k ionizačnímu proudu na základě znalosti jeho energie a energetické citlivosti komory. Do tohoto příspěvku je započten vliv zeslabení průchodem vnitřních stěn komory, necitlivý úhel /ve směru osy komory/. Potom historie fotonu končí.

V případě, že bod interakce leží v objemu zářiče, je stanoven typ interakce na základě znalosti účinných průřezů parciálních procesů a proces je modelován do dalšího bodu interakce, dokud historie fotonu nekončí absorpcí fotoefektem, či opuštěním objemu zářiče.

Pro popis chování fotonu v materiálu byly použity algoritmy pro volbu isotopického směru emise, určení azimutálního a polárního úhlu Comptonova rozptylu, energie rozptýleného fotonu atd., které jsou popsány v /2/. Hodnoty účinných průřezů fotoefektu a Comptonova efektu byly převzaty z /3/.

Opravný koeficient samoabsorpce byl určen jako poměr ionizačních proudů vyvolaných zdrojem konečných rozměrů a bodovým nehmotným zdrojem.

Výpočty byly prováděny na stolním kalkulátoru HP 9830. Pro každý případ bylo generováno asi 20 000 historií. Pro zjednodušení a zkrácení programu byl zjednodušen případ interakce tvorbou párů a to tak, že byl zanedbán následný rozptyl fotonů 511 keV.

3. Experimentální ověření.

Výsledky metody byly ověřeny pro případ vákového zdroje, a to ^{137}Co a ^{57}Co rozpuštěných ve vodě. Byl měřen ionizační

3. Experimentální ověření.

Výsledky metody byly ověřeny pro případ válcového zdroje, a to ^{137}Cs a ^{57}Co rozpuštěných ve vodě. Byl měřen ionizační proud způsobený prakticky nehmotným zářičem - kapkou roztoku radionuklidu o hmotnosti cca 50 mg a ionizační proud způsobený touto aktivitou radionuklidu rozpuštěného v různých velikých nádobkách. Poměr ionizačních proudů je roven koeficientu samoabsorpce pro daný zářič a radionuklid. Některé výsledky měření a výpočtů jsou shrnuty v následující tabulce.

TABULKA

Srovnání vypočtených a naměřených hodnot koeficientu samoabsorpce.

Zdroj: válcový, materiál H_2O

Výška	Průměr	Radionuklid	I_1/I_0 exp.	I_1/I_0 výp.
2,8	0,97	^{137}Cs	$0,975 \pm 0,004$	$0,974 \pm 0,002$
4,2	1,8	^{137}Cs	$0,955 \pm 0,004$	$0,954 \pm 0,002$
2,0	0,97	^{57}Co	$0,955 \pm 0,006$	$0,958 \pm 0,002$

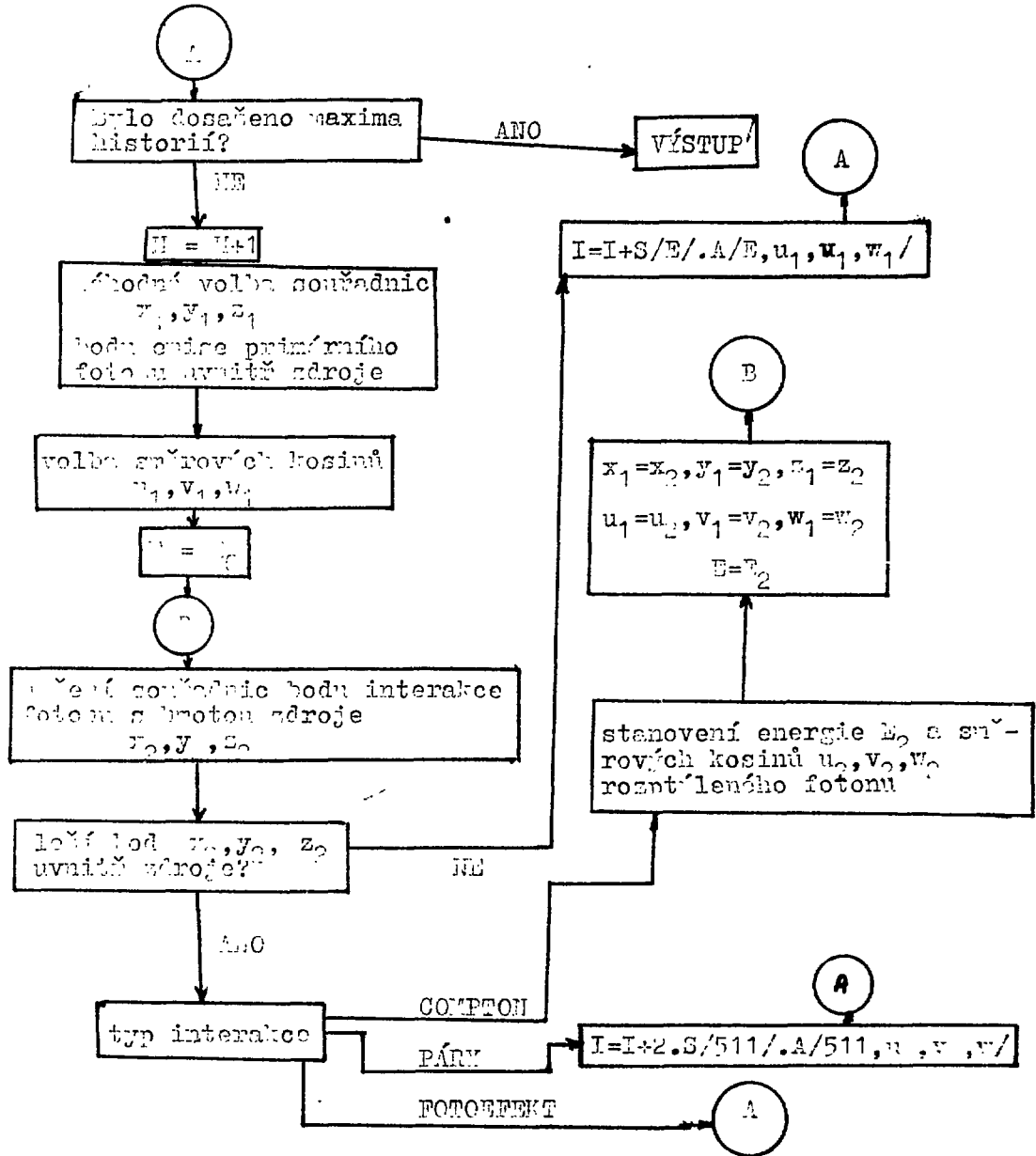
Uvedené chyby platí pro 99,7% úroveň spolehlivosti.

4. Závěr.

Pro stanovení koeficientu samoabsorpce v radioaktivních zdrojích je vhodné použít metodu Monte Carlo jak je popsána. Správnost použitého programu je ověřena experimentálně pro uspořádání - válcový zářič tvořený H_2O .

5. Literatura.

1. DRYÁK P., aj.: Ionisační 4π gama komora jako součást systému sekundární etalonáže.
Výzkumná zpráva ÚVVVR č.316
2. ALDED B.: *Methods of Computational Physics*,
Acad.Press, New York 1963
3. JIEGBAHN K.: *Alpha, Beta and Gamma-Ray Spektrometry*,
North-Holland Publ.Comp., Amsterodam 1965.



ob 1: Blokové schéma programu

S/E - empiricky stanovená účinnost komory

$A/E, u, v, w$ - zeslabení účinku fotonu absorpcí ve stěně komory

I - ionizační proud