

Spektrometrie záření gama

A. Hladíková, J. Dluhoš, J. Maksymov
ČVUT FJFI, Břehová 7, 115 19 Praha 1
aja.hladik@seznam.cz, jirka.dluhos@seznam.cz,
jakub.maks@centrum.cz

Abstrakt:

Obsahem této práce je měření spekter vybraných izotopů pomocí scintilačního detektoru a jejich vysvětlení. Popis základních jevů, ke kterým dochází.

Úvod

Záření gama je elektromagnetické záření, které vzniká v jádrech atomů. Doprovází radioaktivní rozpad typu alfa a beta. Záření můžeme měřit pomocí detektorů - určit jeho energii a intenzitu – a sestavit tak spektra charakteristická pro jednotlivé radionuklidy. Záření gama je schopné procházet látkami, ale celkové množství proniklého záření je ovlivněno koeficientem útlumu, který je pro každou látku specifický.

Spektrometrie se užívá k zjištění jednotlivých izotopů, které jsou produkovány různými reakcemi.

Naším úkolem bylo zanalyzovat hodnoty záření a vyvodit závěry.

Gama spektroskopie

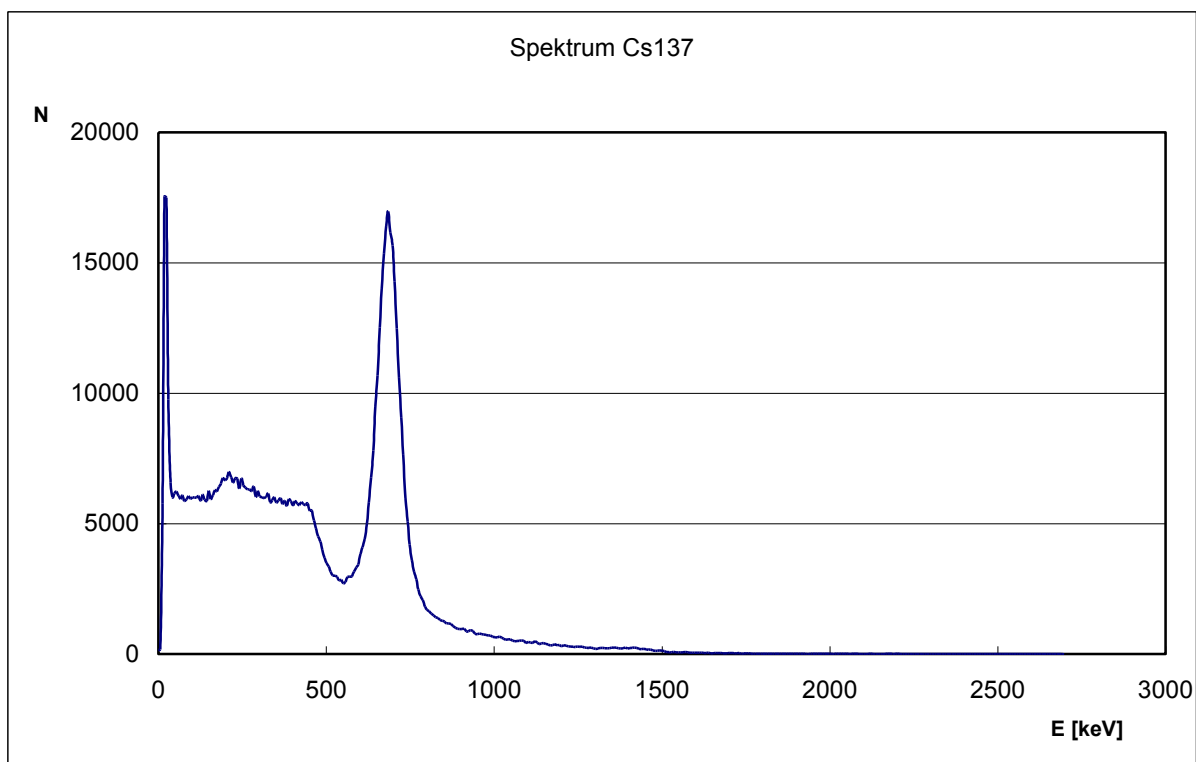
Záření gama, které vychází z radionuklidů, jsme proměřovali pomocí scintilátoru. Scintilační detektor je zařízení pro detekci ionizujícího záření založené na principu excitace elektronu do vyššího energetického stavu zářením, přičemž návrat elektronu do základního stavu se projeví jako světelný záblesk⁽¹⁾. Signál ze záblesku je zesílen fotonásobiči.

Při každém průchodu fotonů gama detektorem dochází k třem možným interakcím. Za prvé fotoefekt, který je způsoben úplným pohlcením fotonu, který předá veškerou energii elektronu. Tento jev je dominantní mechanismus výměny energie pro rentgenové záření a gama záření s energií pod 50 keV⁽²⁾. Na spektru se projevuje klasickými píky (pík úplného pohlcení).

Za druhé Comptonův rozptyl, který je způsoben tím, že fotony předávají pouze část energie, poté unikají nebo vyvolávají další reakce. Rozptyl začíná převažovat od energie 200 keV. Graf Comptonova rozptylu se skládá ze spojitého spektra, které náhle končí Comptonovou hranou.

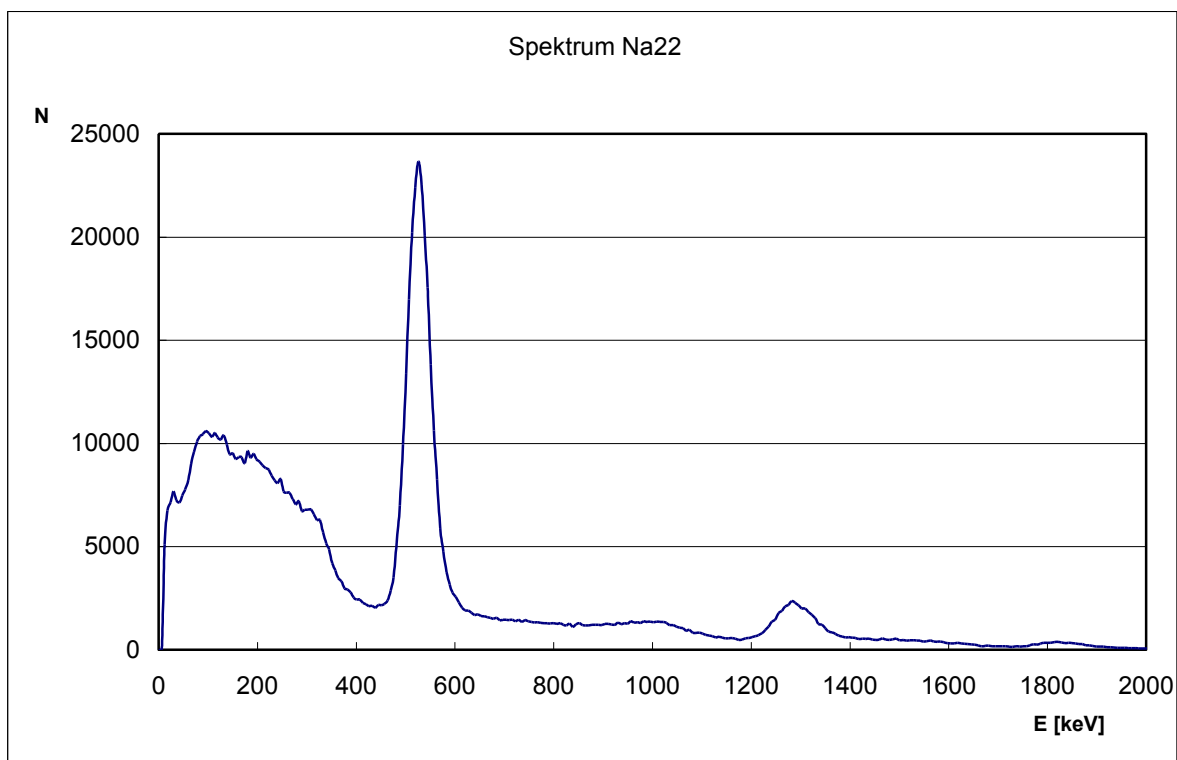
Za třetí tvorba elektron pozitronových párů. Jedná se o úplnou absorpci, kdy z fotonu vzniká elektron a pozitron. Aby došlo k tomuto jevu musí mít foton energii nejméně 1,022 MeV (klidová energie elektronu a pozitronu).

Ve spektru se kromě píků úplného pohlcení může vyskytnout anihilační pík, únikové píky atd.



Obr. 1: Naměřené spektrum cesia

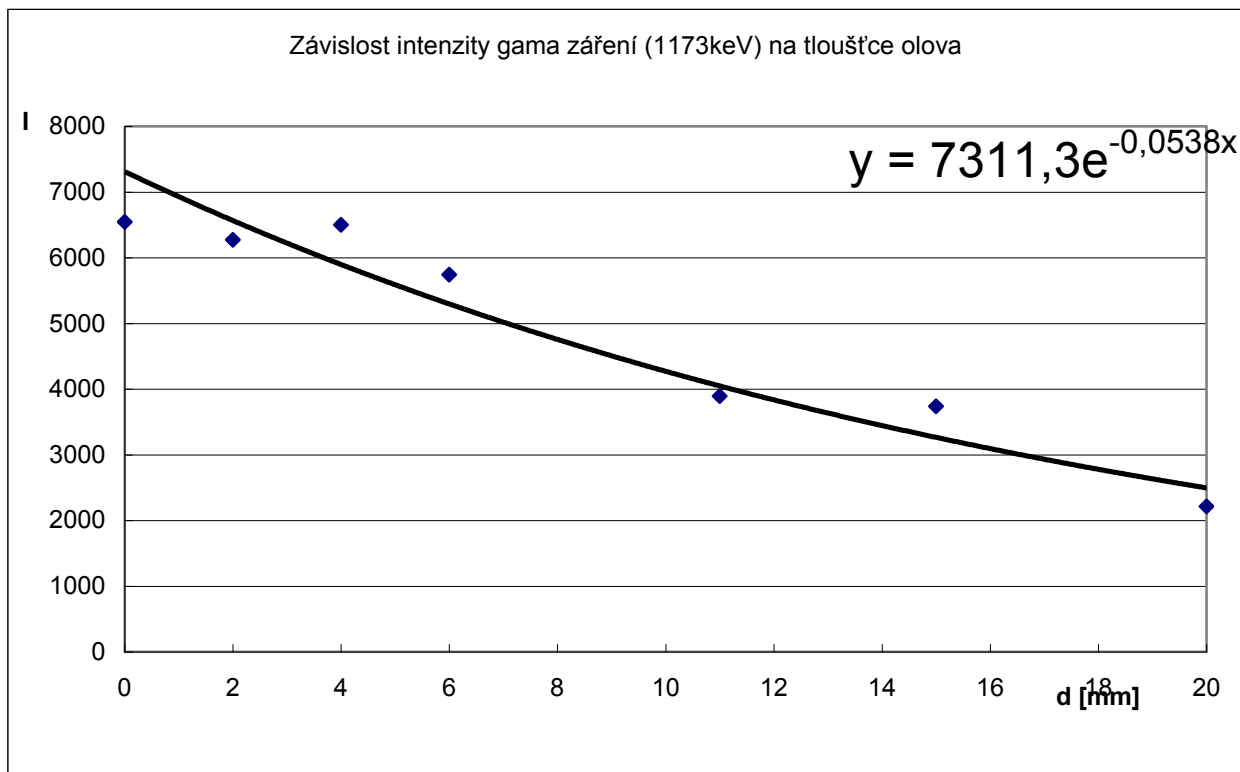
Ve spektru cesia (obr.1) vidíme pík úplného pohlcení (684keV, skutečná je 622keV). Zřetelně je znatelná Comptonova hrana (457keV).



Obr. 2: Naměřené spektrum sodíku

Ve spektru sodíku (obr.2) vidíme nejvýraznější pík s energií 526keV. Tento pík je způsoben anihilací pozitronu v materiálu zářiče (sodík je β^+ zářič). Skutečná energie je 511keV. Menší pík s energií 1286keV je píkem úplného pohlcení. Pík s energií 1845keV je tzv. součtový pík (vzniká současnou detekcí anihilačního záření a sodíkového fotonu).

Množství odstíněných částic závisí na typu látky a její tloušťce. To vyjadřuje koeficient útlumu, který lze zjistit tak, že se mezi detektor a známý radionuklid umístí látka o změřené tloušťce. Po odfiltrování vlivu pozadí můžeme změřit počet částic, které pronikly danou látkou. Opakovanými měřeními s různými tloušťkami materiálu lze vypočítat přibližný koeficient útlumu.



Obr. 3: Graf závislosti intenzity na tloušťce olova.

Provedli jsme řadu experimentálních měření. Jejich výsledkem byl koeficient útlumu μ gama záření v olovu. Intenzita I gama záření při průchodu látkou má závislost

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

kde I_0 je počáteční intenzita a d je tloušťka materiálu. Abychom získali koeficient útlumu, proložili jsme naměřená data exponenciálou. Koeficient útlumu se shodoval s tabulkovou hodnotou ($\mu=0,053 \text{ mm}^{-1}$).

Shrnutí

Seznámili jsme se s metodami spektroskopie. S malou odchylkou jsme proměřili spektra záření gama několika radionuklidů a vliv olova na průchodnost částic.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali panu inženýrovi Miroslavu Krůsovi za zaučení. Nikoliv druhořadě děkujeme FJFI, Strahovským kolejím a panu inženýrovi Vojtěchovi Svobodovi za organizaci.

Reference:

- (1) http://cs.wikipedia.org/wiki/Scintila%C4%8Dn%C3%AD_detektor; [15/6/2010]
- (2) http://cs.wikipedia.org/wiki/Gama_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD, [15/6/2010]
- (3) <http://nucleardata.nuclear.lu.se>, [15/6/2010]