

Jadrová spektroskopia

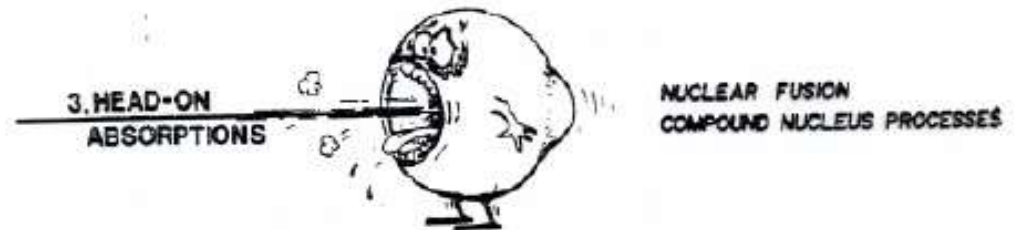
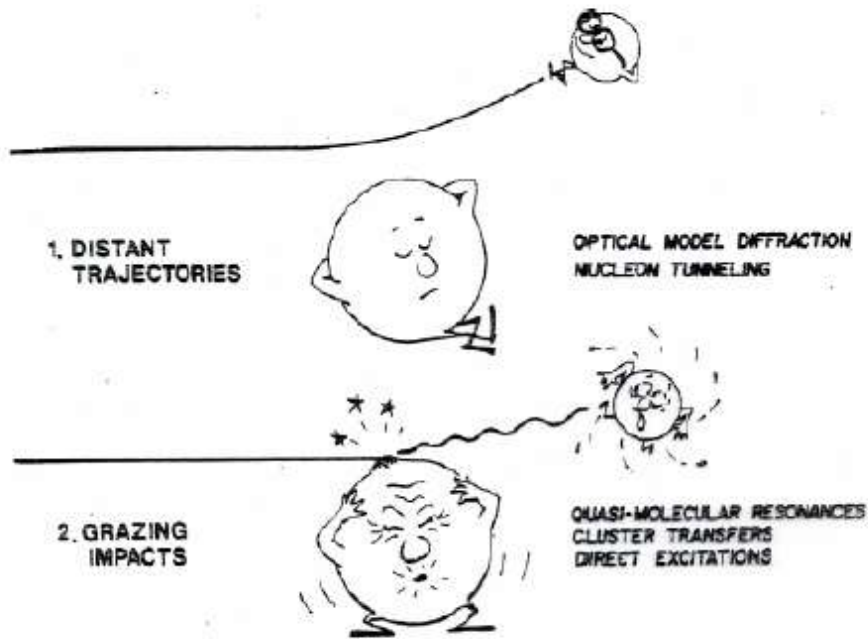
Identifikácia a produkcia
exotických jadier
(experimentálne techniky)



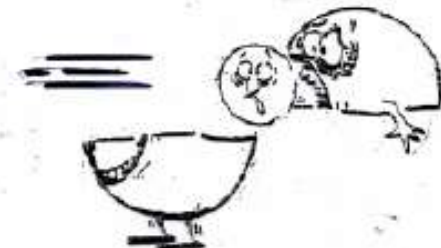


REAKCIE ÚPLNEJ FÚZIE

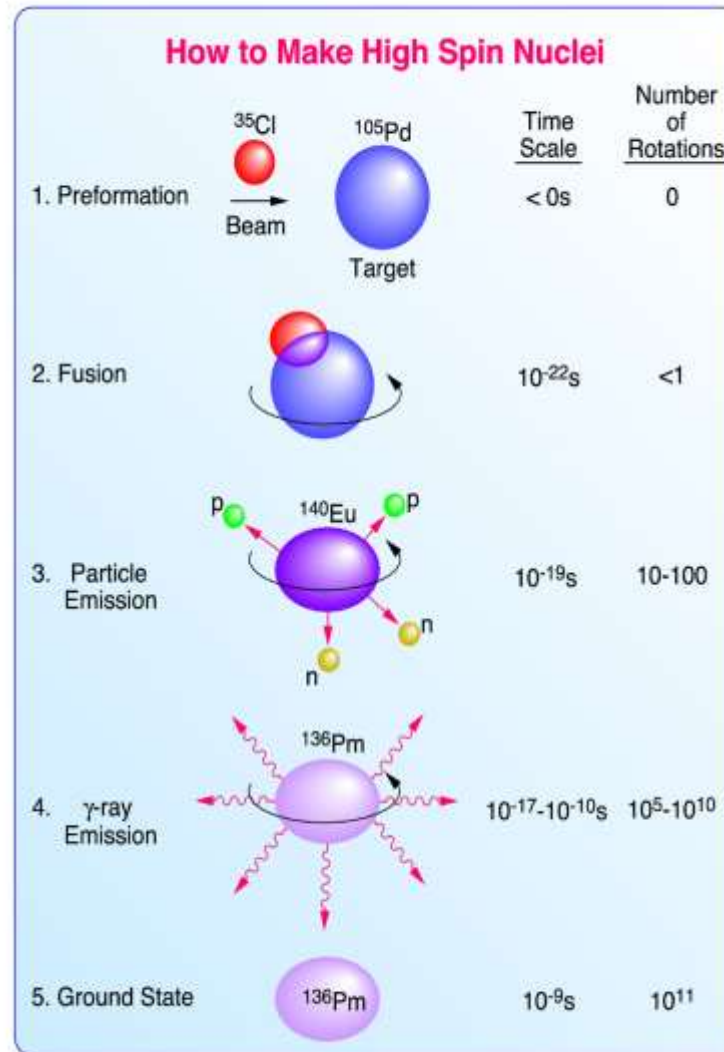
Interakcie jadier



Fragmentation
reactions



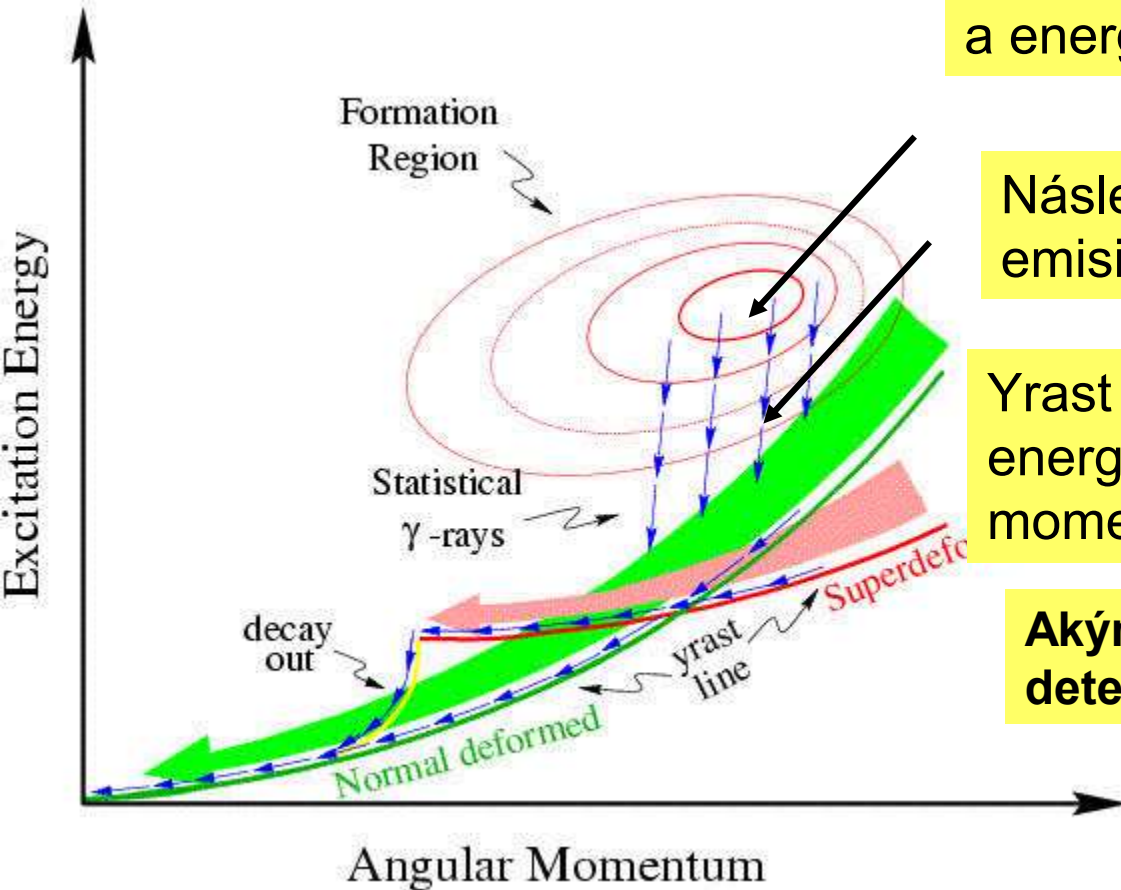
Reakcie úplnej fúzie



Yrast línia



Typicky pri reakciách úplnej fúzie má produkované jadro $L \approx 60 - 80 \hbar$ a energiu $30 - 50 \text{ MeV}$



Následne sa zložené jadro ochladzuje emisiou častíc a gama kvánt

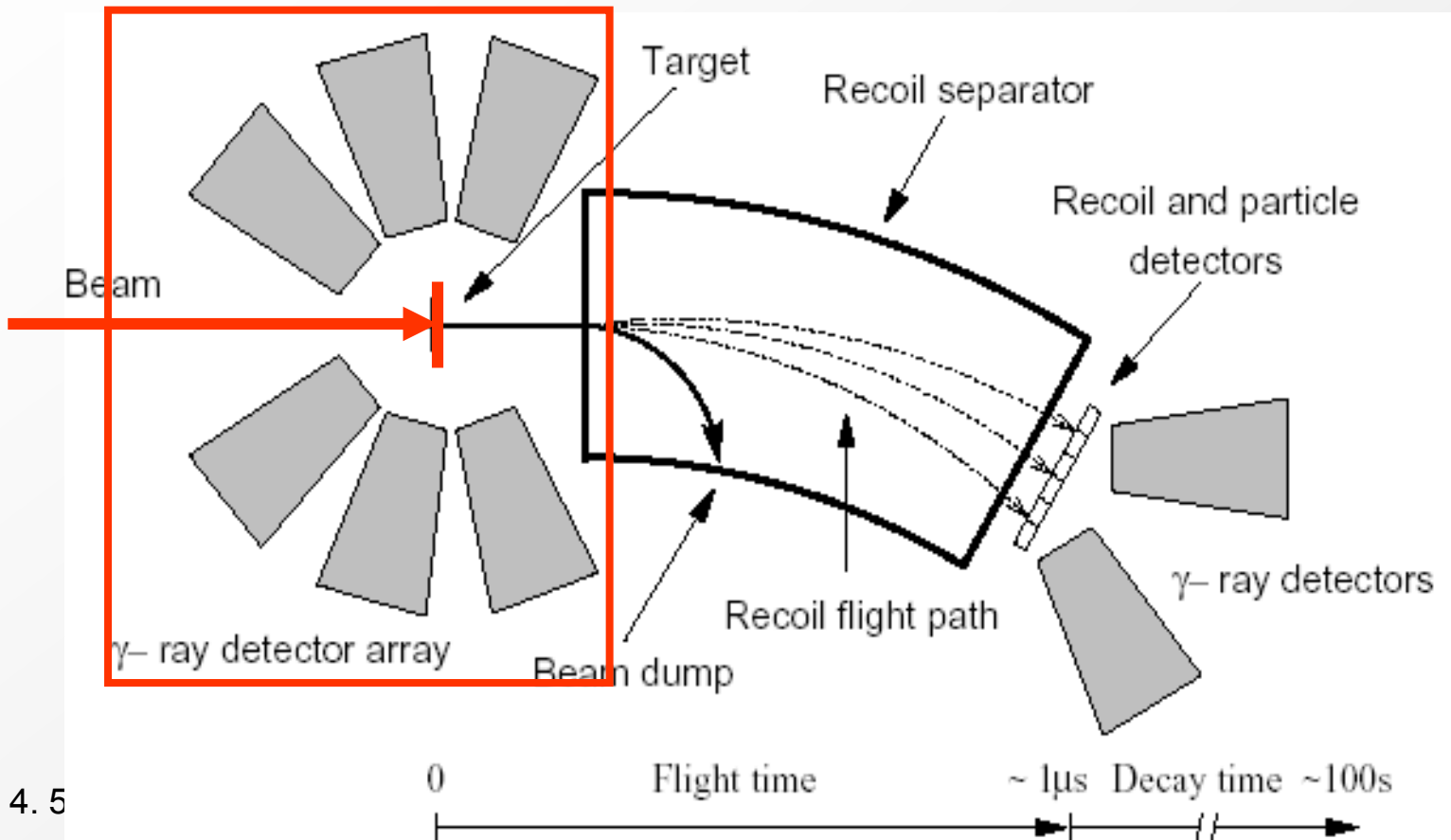
Yrast line – hranica minimálnej energie pri danom uhlovom momente hybnosti

Akým spôsobom môžeme detekovať tieto gama kvantá

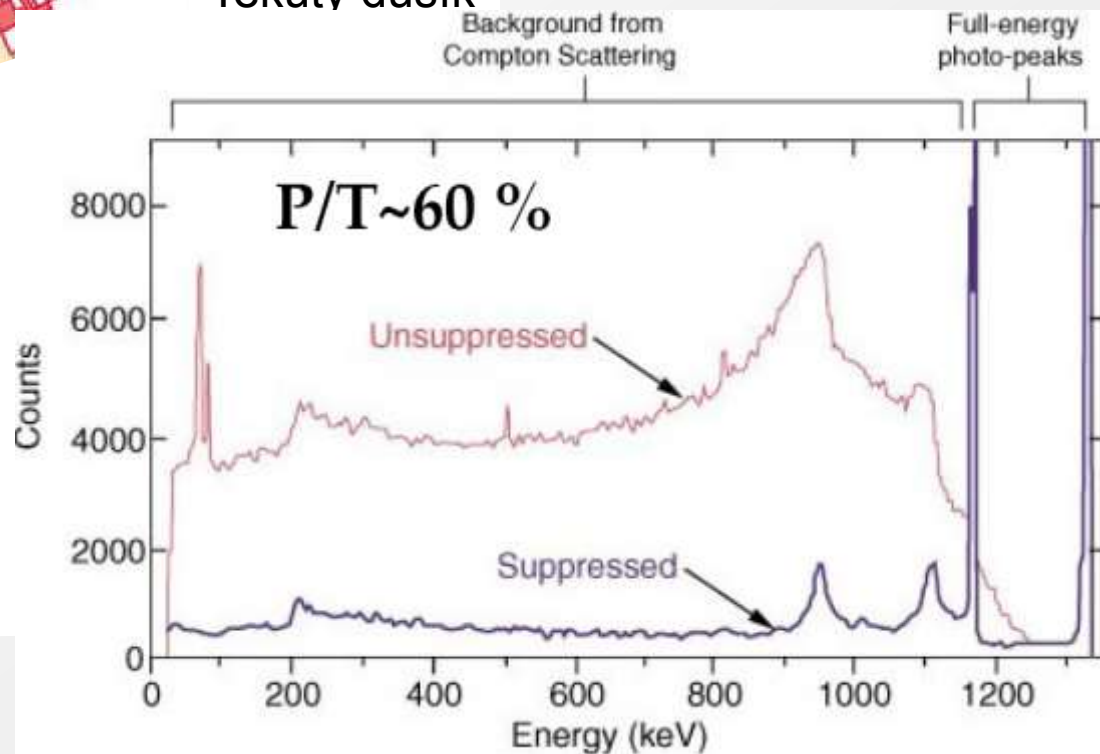
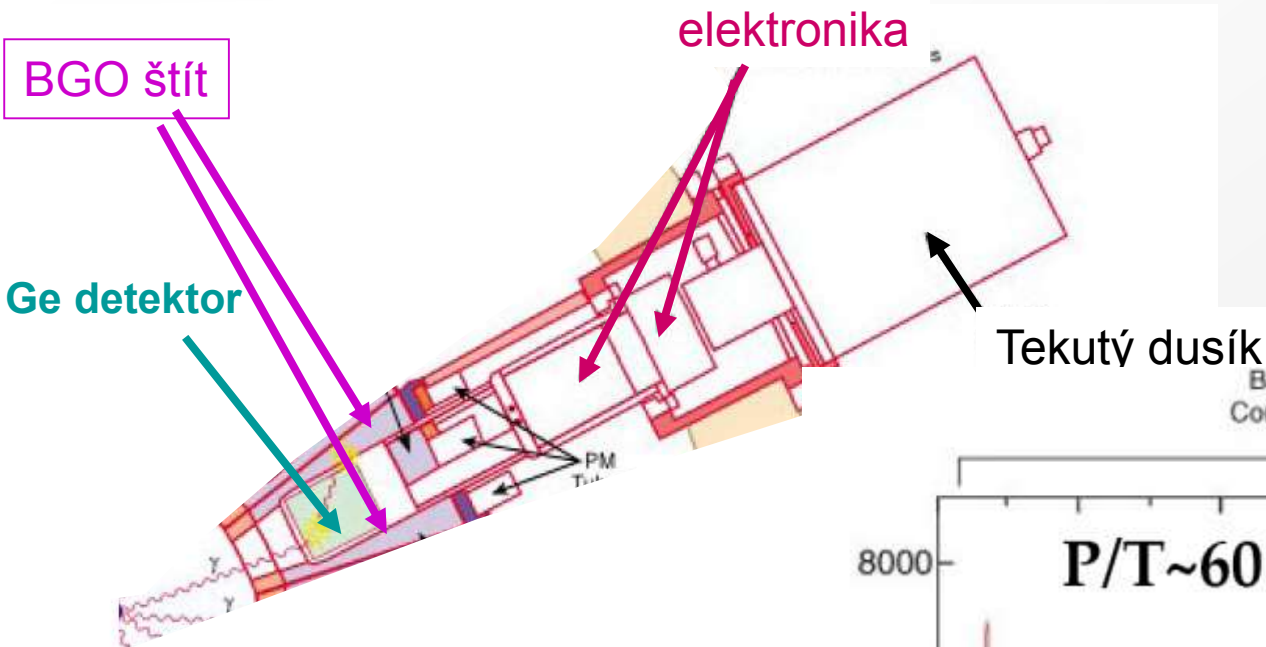
In-beam spektroskopia



Prechody z kolektívnych excitácií vytvoreného zloženého jadra sa realizujú ešte skôr ako jadro unikne z terča – rádovo 10^{-15} s.
⇒ potrebujeme merať gama kvantá emitované priamo na terčovej pozícii.



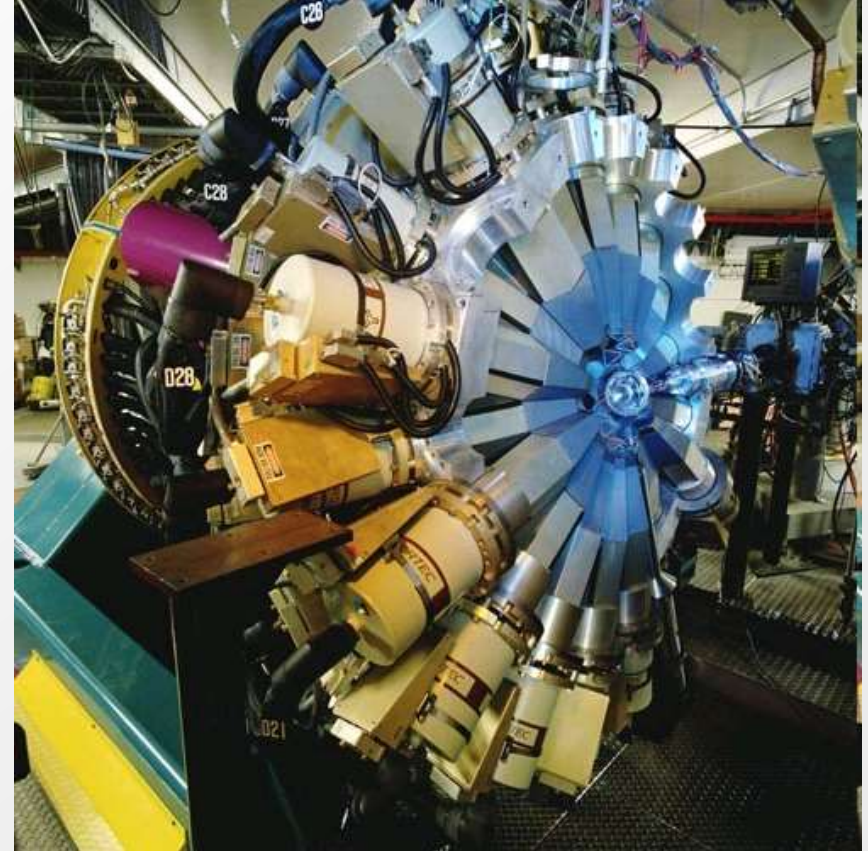
Problém s comptonovským rozptylom



GammaSphere



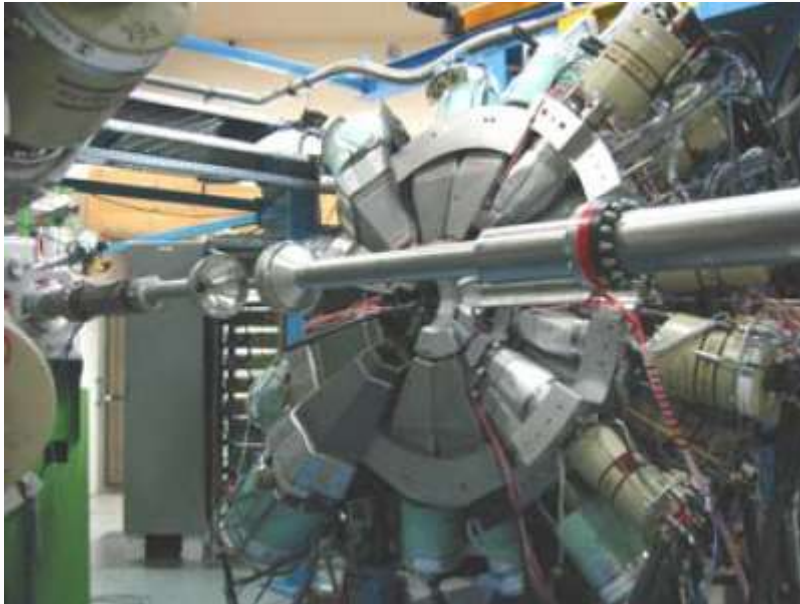
V súčasnosti umiestnený v ANL. Náklady na vybudovanie cca 20 mil USD
110 HPGe detektorov vo veľkosti šálky na kávu.
Každý s anti-komptonovským štítom



GammaSphere



Ďalšie zariadenia



Euroball
26 clover detektorov (4 kryštály)
15 cluster detektorov (7 kryštálov)
30 veľkých jednotlivých detektorov
spolu 239 kryštálov
píkova účinnosť 10%

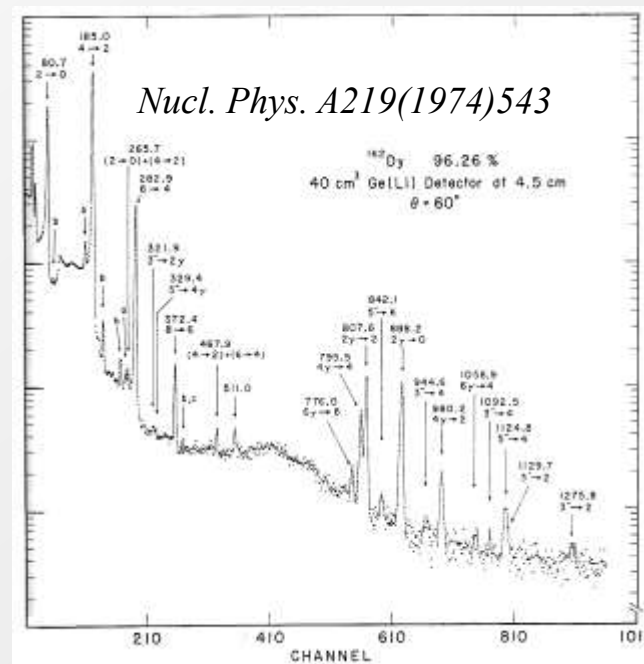
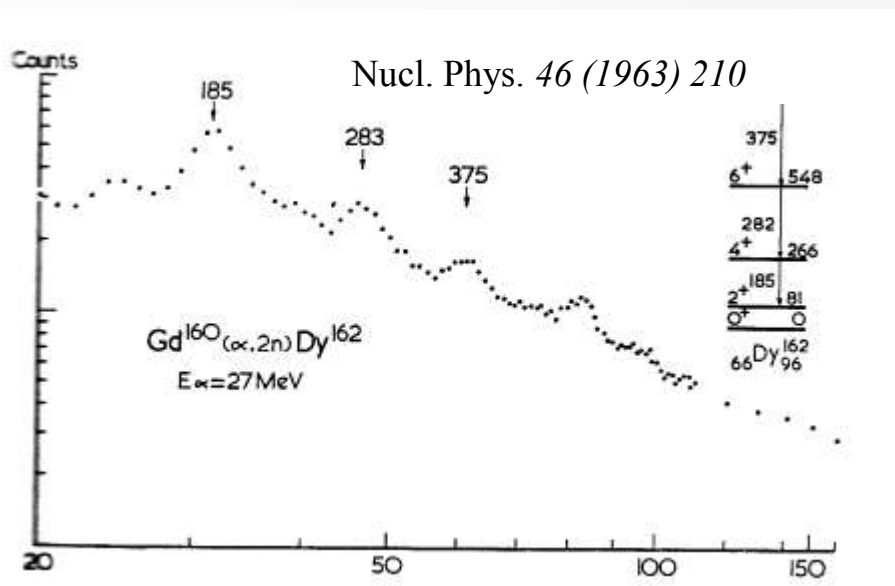


JUROGAM v Jyväskylä
43 kryštálov s komptonovským pozadím
kombinovaných so separátorom.

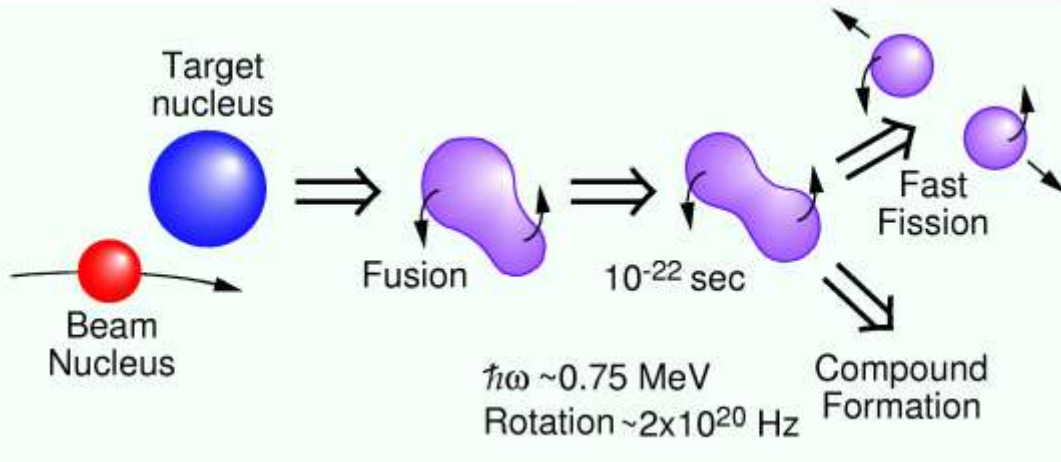
Typické vlastnosti 4π gama systémov



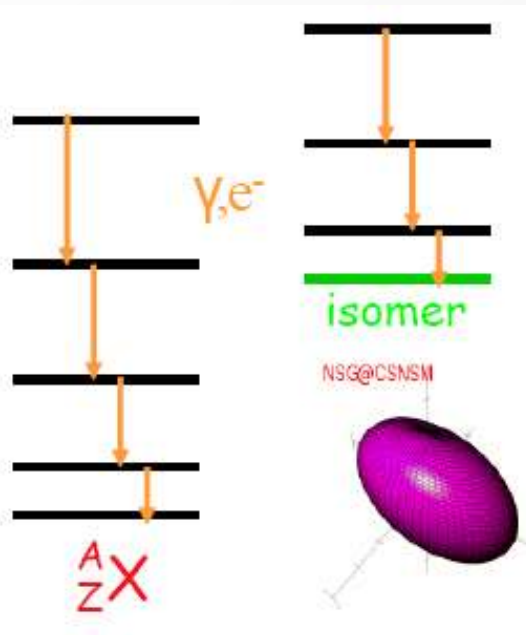
- Vysoké energetické rozlíšenie $\Delta E = 2.5$ keV pre 1.3 MeV
- Vysoký pomer P/T cca 60 %
- Vysoká fotopíková účinnosť cca 10% na 1.3 MeV
- Veľký rozsah energií od 30 keV do 20 MeV
- Veľký uhol pokrytia priestoru takmer 4π (limitácia kvôli zväzku)
- Vysoká granularita „high fold“ koincidencie



Problém s pozadím



Veľká časť produktov sa štiepi veľmi rýchlo po fúzii priamo v terči. V závislosti od exc. energie 99 a viac percent. Fragmenty ako vysoko vzбудené jadrá emitujú veľké množstvo gamma kvánt.

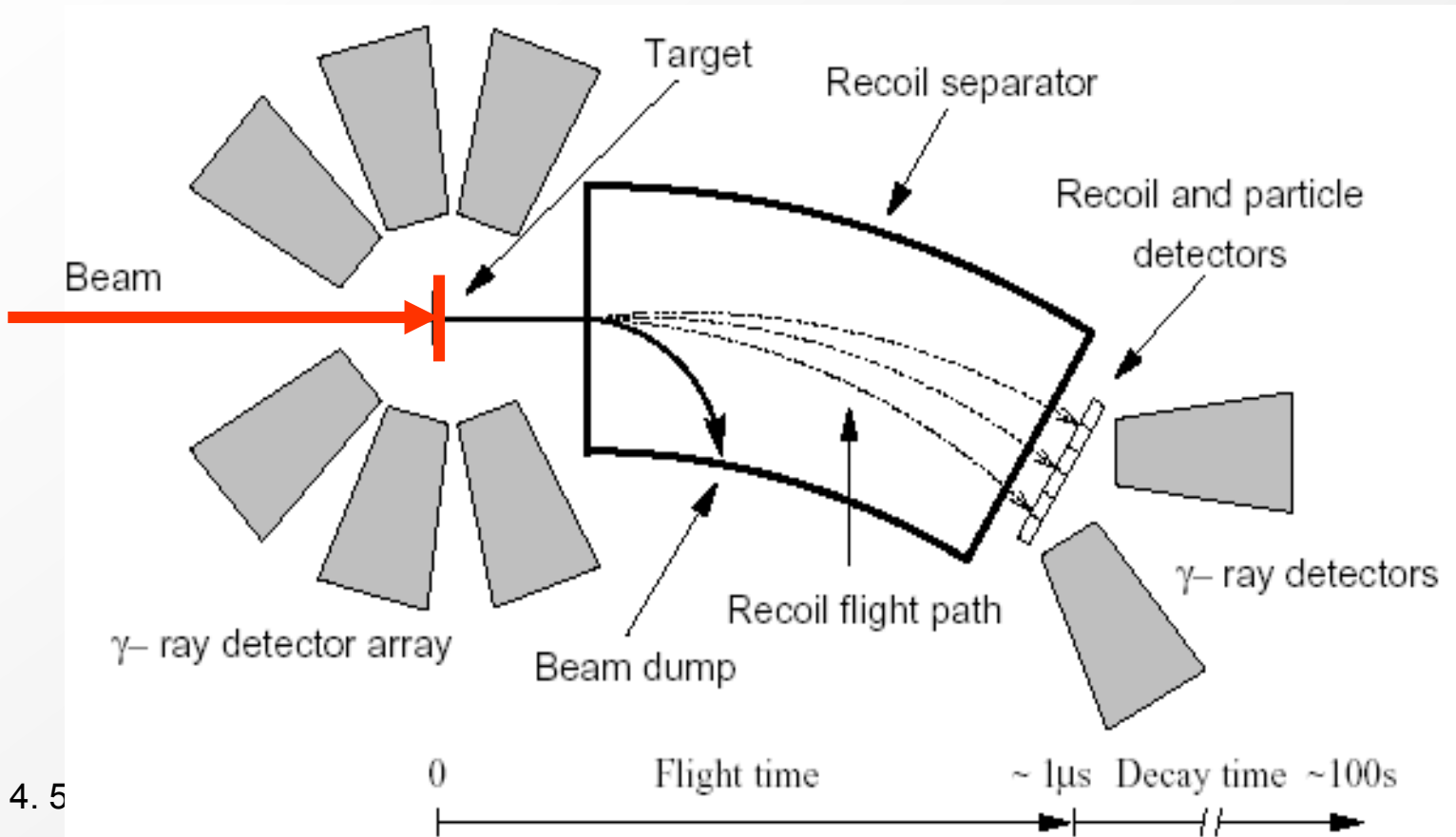


Ďalší problém je priradenie detekovaných gama prechodov konkrétnemu jadrú prípadne excitáciám na konkrétnom stave.

Recoil tagging



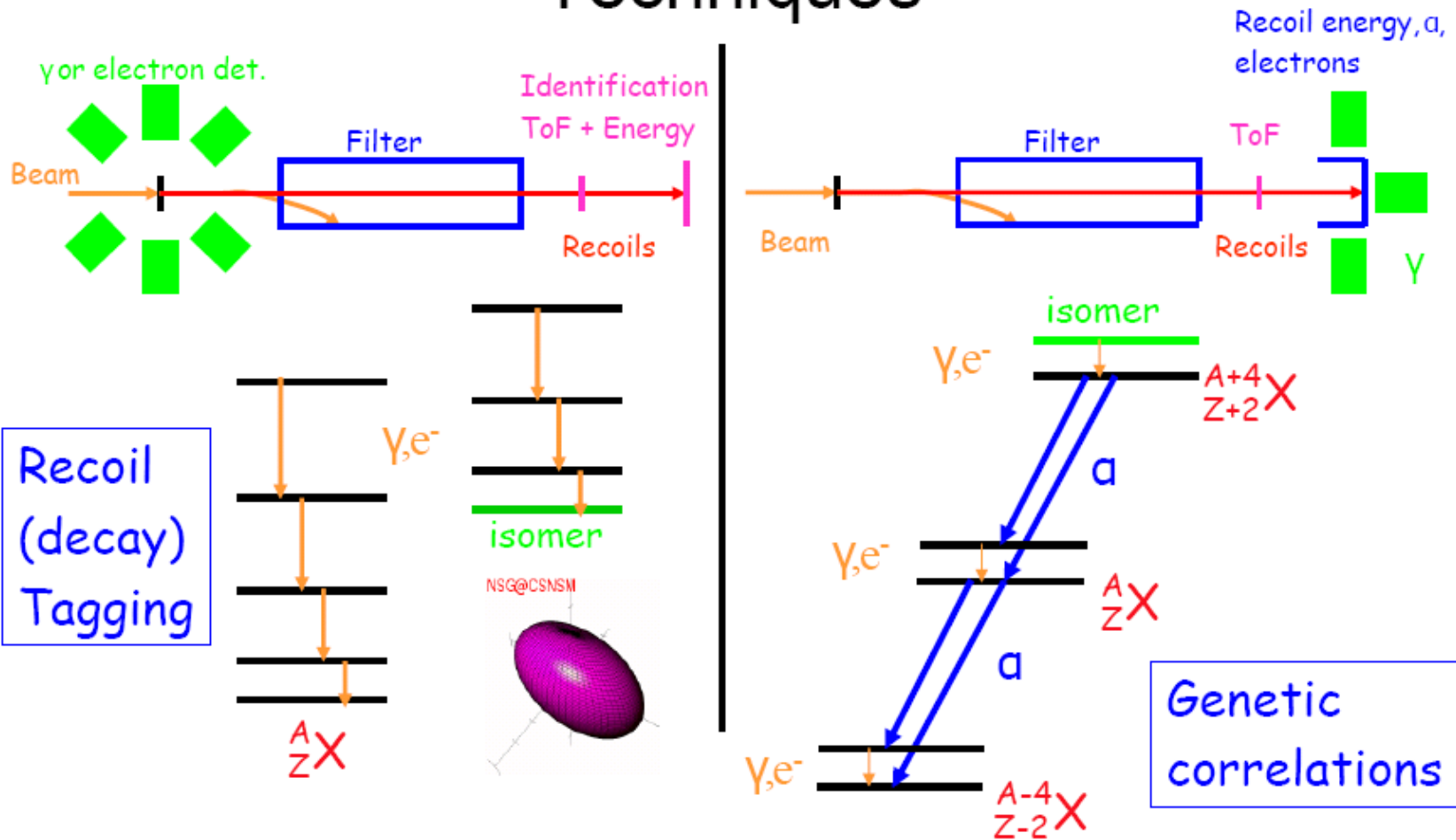
- Riešenie poskytuje možnosť prepojiť detekčný systém na terčovej pozícii so separátorom a citlivým detekčným systémom za separátorom.



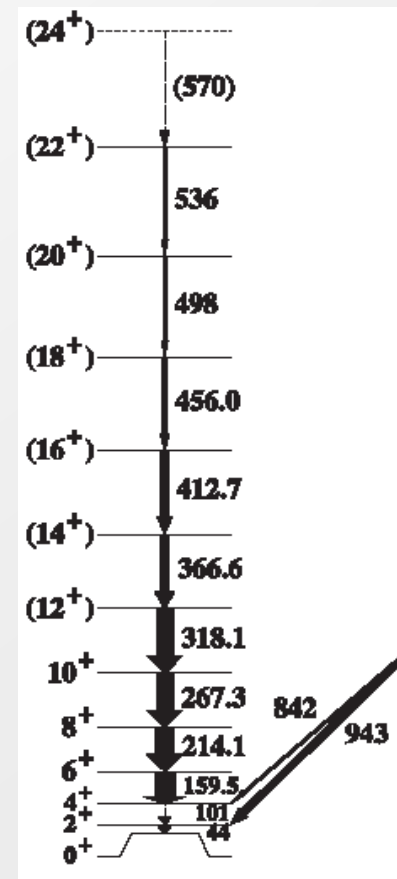
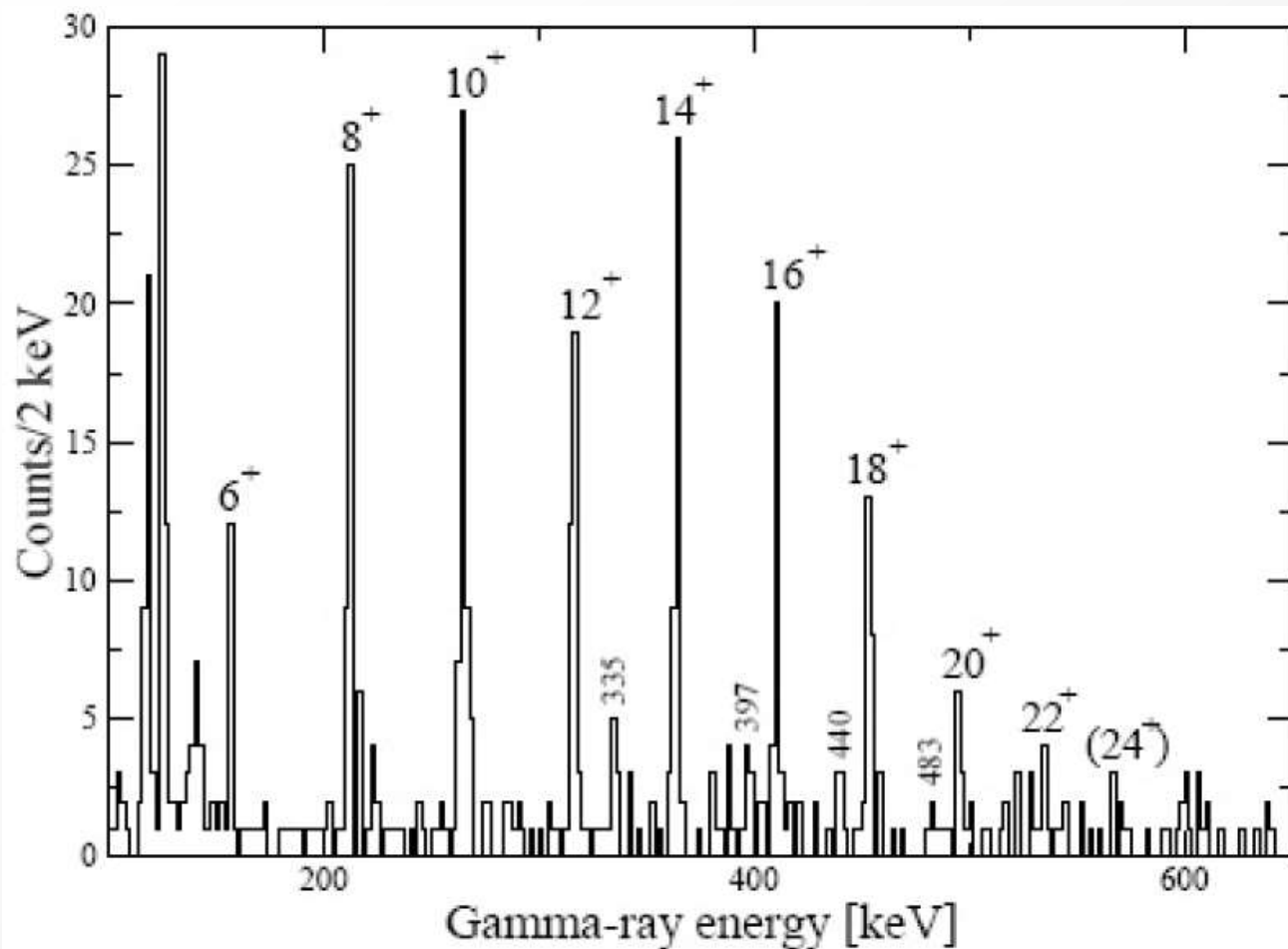
Recoil decay tagging



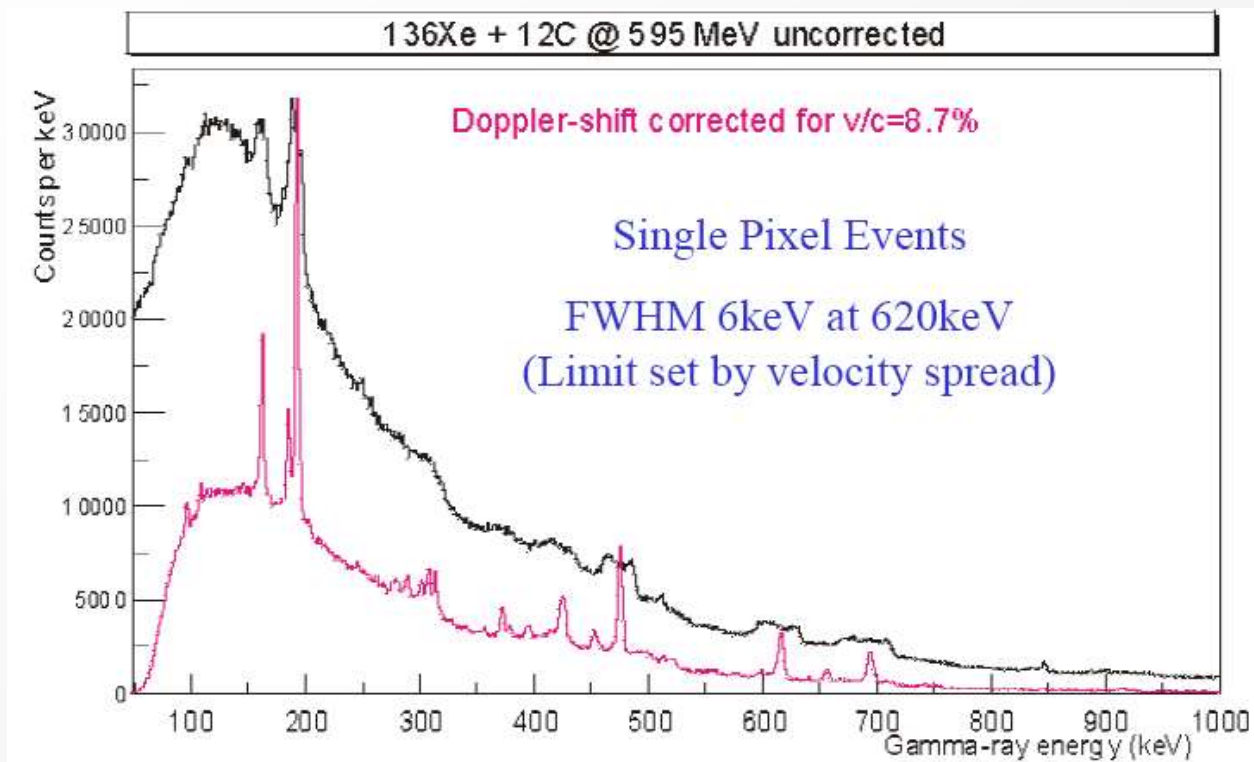
Techniques



Početnosť 1 jadro/minútu



BTW. Vplyv doplerovského efektu



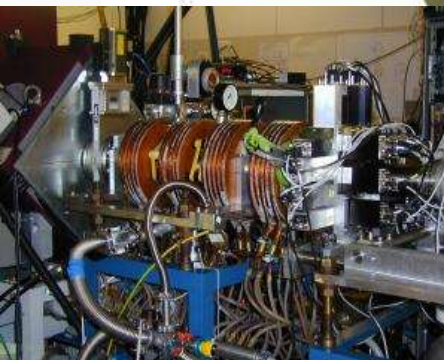
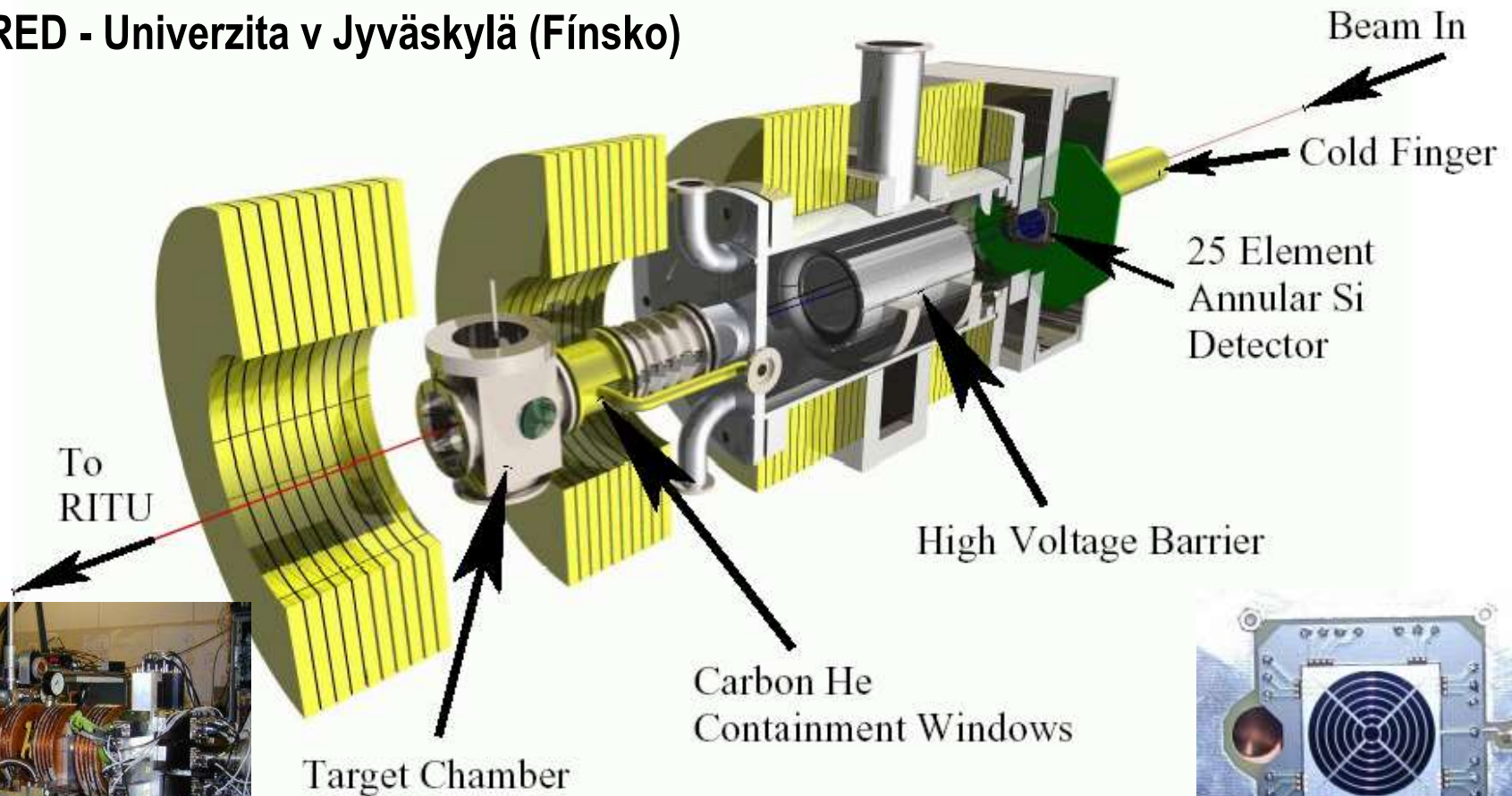
A opäť problém s vnútornou konverziou



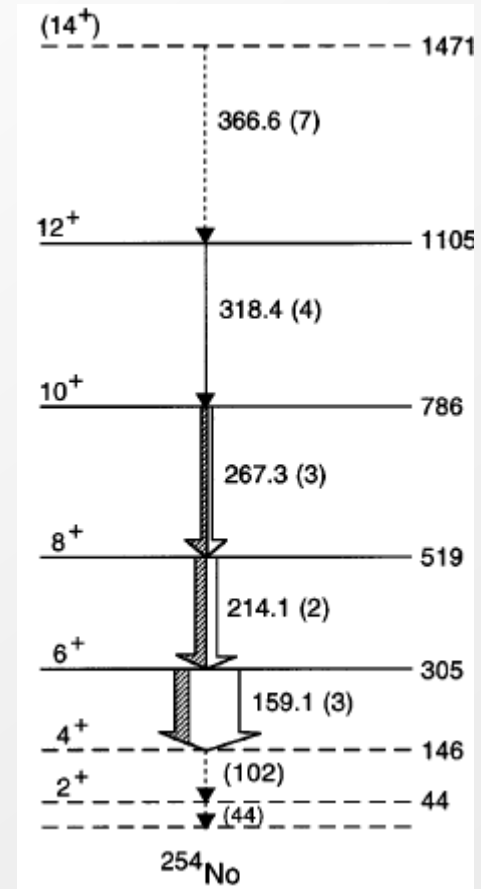
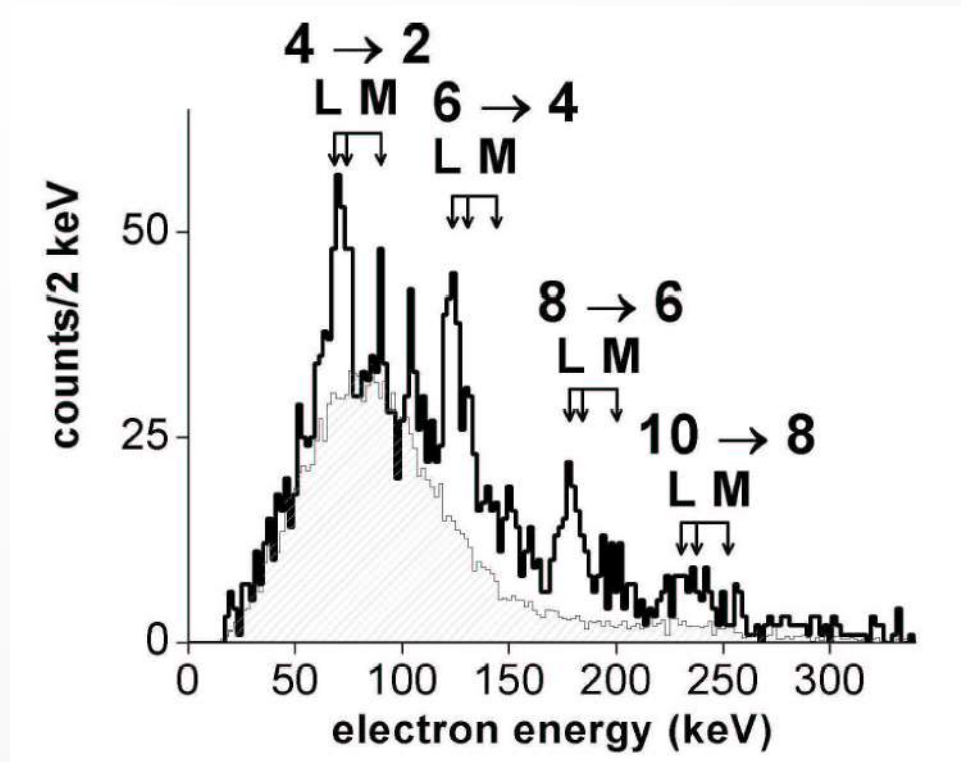
Je nejaká možnosť merať elektróny na terčovej pozícii?

Hlavný problém extrémne vysoké pozadie (elektróny, nukleóny, jadrá...).

SACRED - Univerzita v Jyväskylä (Fínsko)



In-beam spektroskopia konv. elektrónov



Konverzné elektróny umožňujú identifikovať prechody

Naspät' k izomérom



Jadro s energiou 60 MeV a s $A = 200$ sa pohybuje rýchlosťou cca 10 metrov za $1 \mu\text{s}$ (rádovo)

$T_{1/2} \approx 1 - 10 \text{ ns}$ nutnosť merať prechody na terčovej pozícii

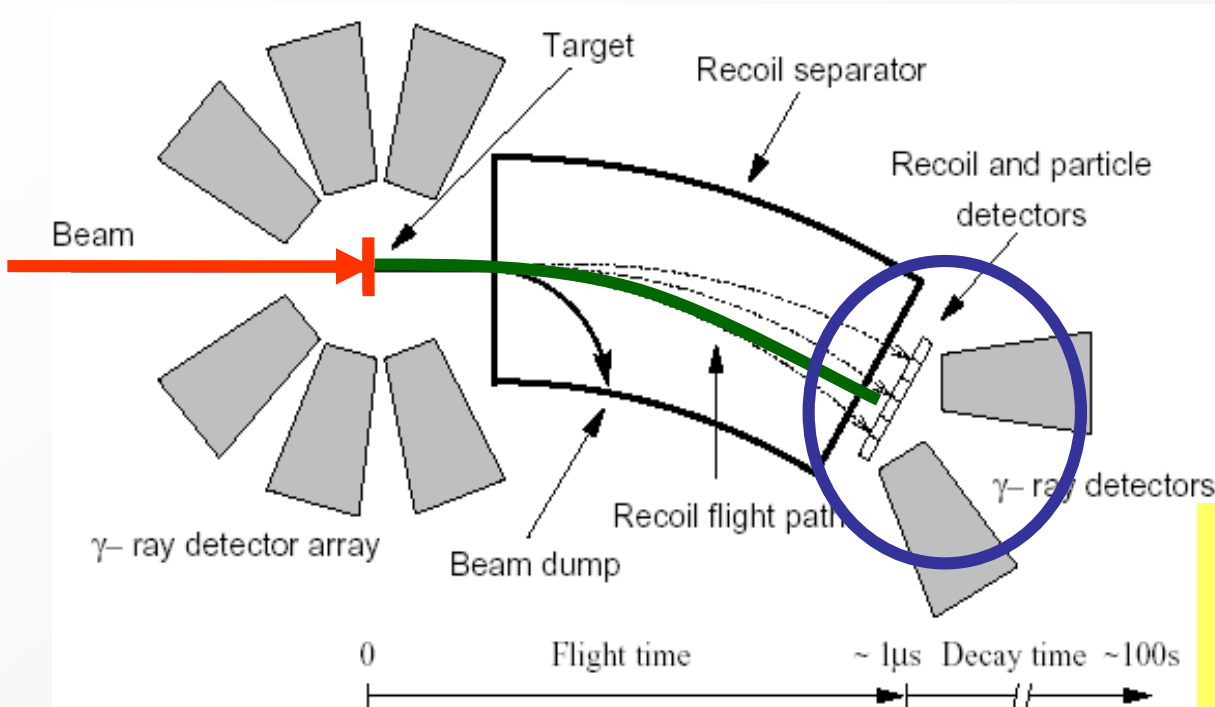
- Riešenia:
využitie záchytnej prípadne spomaľovacej fólie a porovnanie početnosti gamma prechodov s rôzne posunutím energetickým spektrom (v dôsledku dopplerovho efektu)
- Využitie pásu na odvod produktov mimo terčového priestoru.

Využitie separátora



Jadro s energiou 60 MeV a s $A = 200$ sa pohybuje rýchlosťou cca 10 metrov za $1 \mu\text{s}$ (rádovo)

$T_{1/2} > 10 \mu\text{s}$ ideálne pre využitie separátora



Syntéza



Separácia jadra



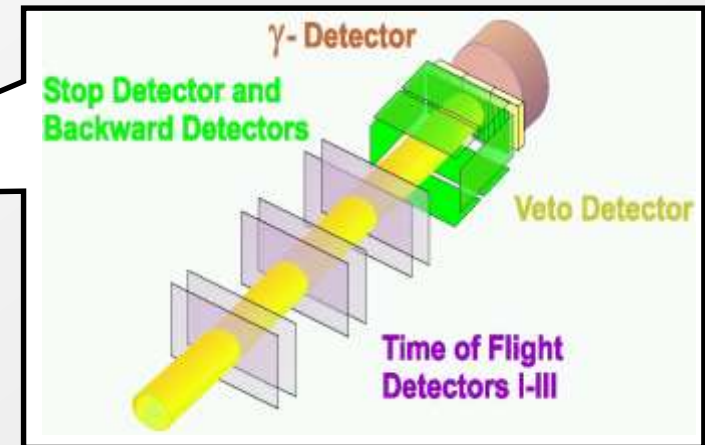
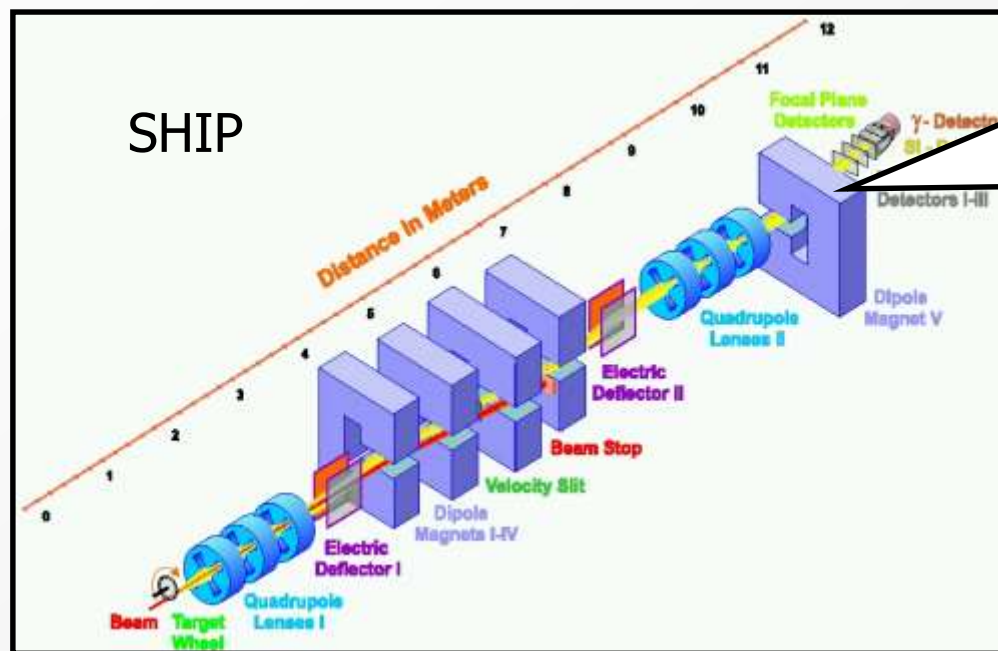
Identifikácia

Vynikajúca selektivita umožňujúca sledovať stavy s produkciou na úrovni 10 pb resp. 10 jadier týždenne (v závislosti od experimentu)

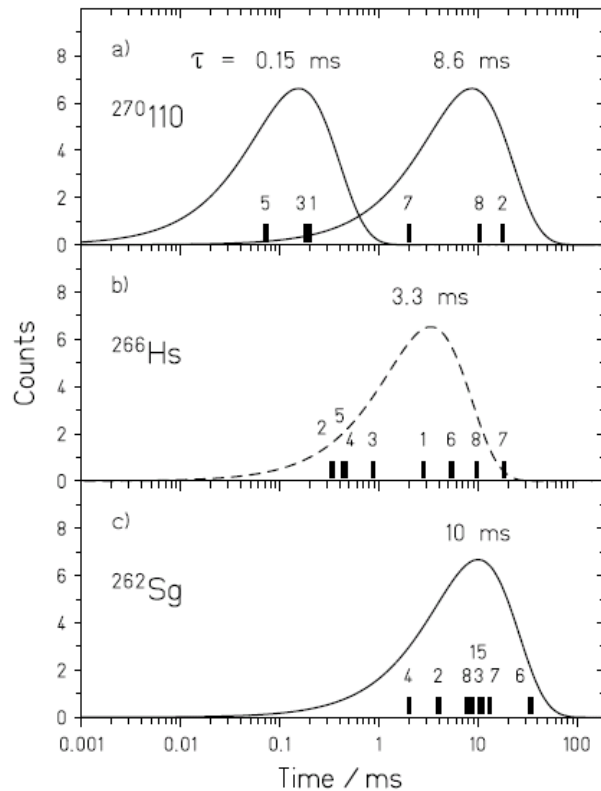
Detekcia za separátorom



- V ohnisku separátora je umiestnený detekčný systém špecializovaný na detekciu konkrétneho typu častíc.
- Kremíkové pozične citlivé/pixelové detektory pre alfa premenu a štiepeni, príp. elektróny.
Germániové detektory pre X-rays a gamma kvantá



Selektivita – vid' $^{270}\text{110}$



Identifikácia aj napriek malej početnosti cca 8 jadier.