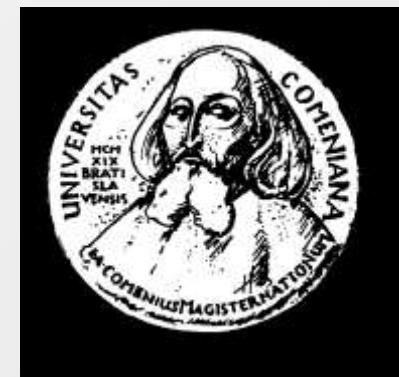


# Jadrová izoméria

2-FJF-115 Fyzika  
atómového jadra





# Izomér - definícia

Dlhožijúca metastabilná vzbudená hladina atómového jadra...

Prakticky závisí od uhla pohľadu – čo je daný experiment schopný merať.

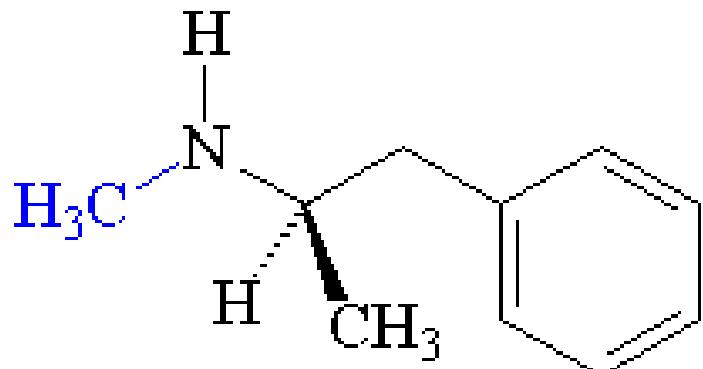
Iná definícia slovíčka „dlhožijúca hladina“

Dlhožijúca hladina = dostatočne dlho žijúca na to aby sa vytvorila príslušná atómová štruktúra.

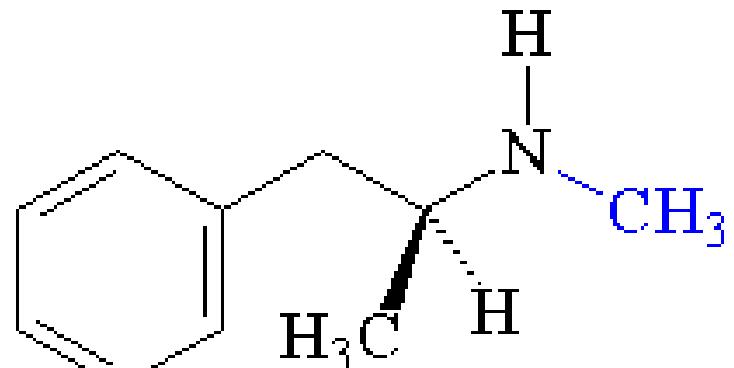
*J.Cerny, J. Hardy Annu. Rev. Nucl. Sci. 27 (1977) 333*

Väčšinou rádovo viac ako nanosekundy.

# Molekulová izoméria



L-metamphetamin  
bez psycho-aktívnych účinkov



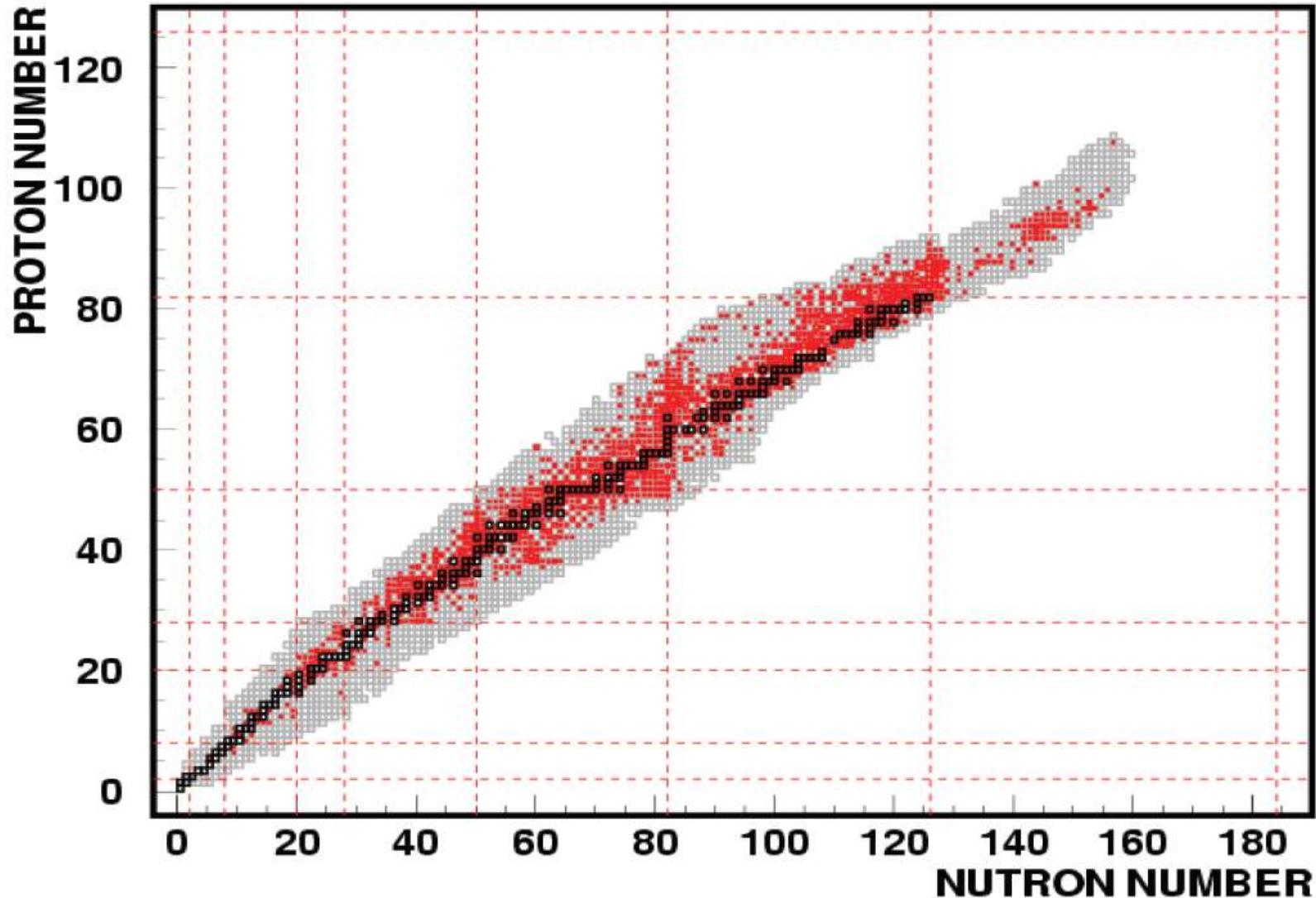
D-metamphetamin  
psycho-aktívna molekula



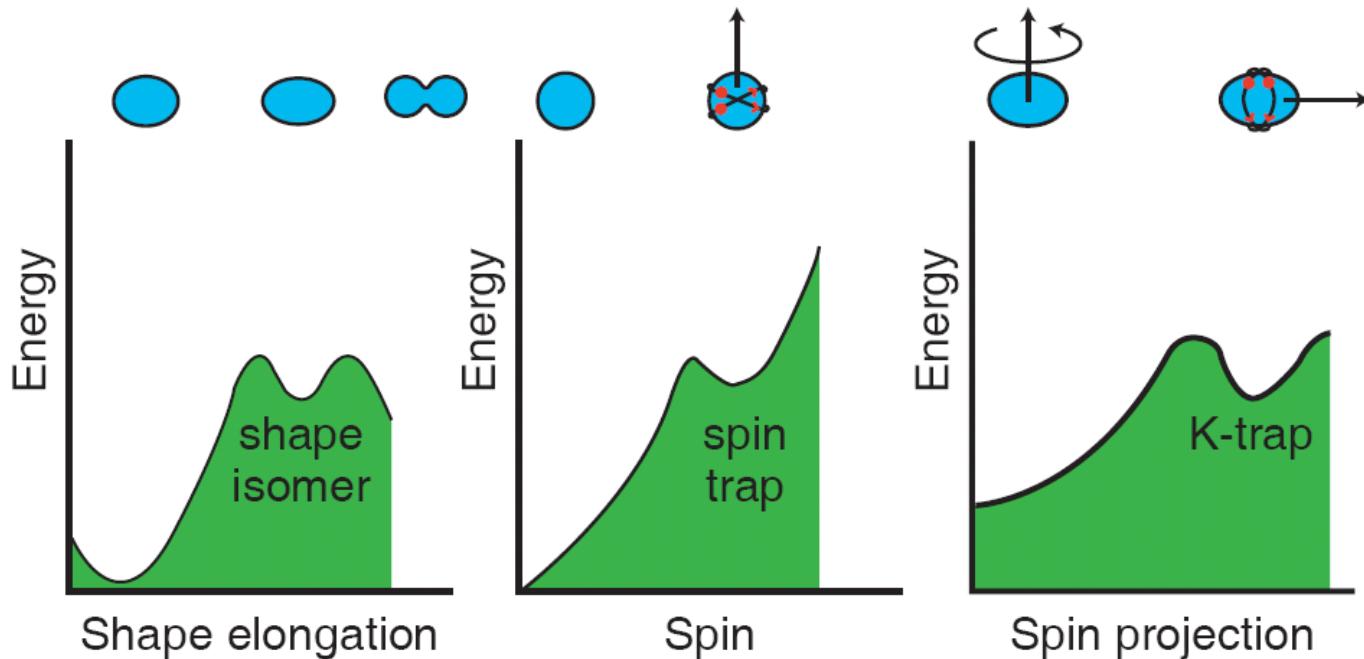
# Trochu histórie

- 1917 – F. Soddy (idea)  
„nuclei having the same charge and the same mass but still not identical“ – „isotopy of the second kind  
(*Nature* 99 (1917) 414)
- 1921 O. Hahn (objav)  
z prírodneho rozpadového reťazca  $^{238}\text{U}$  bol popri rozpadu zo základného stavu  $^{234}\text{Pa}$  ( $T_{1/2} = 6.7 \text{ h}$ ) zistený aj rozpad s polčasom  $T_{1/2} = 1.15 \text{ m}$   
**(mimochodom excitačná energia dodnes nie je známa!!!)**
- 1935 Objav umelo vytvorených izomérov v izotopoch india (Szilard a Chalmers) a brómu (Kurchatov a Fermi)  
**Stále neexistovala teória tvorby izomérnych stavov**
- 1936 – teória izoméru C.F. von Weizsäcker  
(*Naturwissenschaften* 24 (1936) 813)
- 1949 – len 75 známych izomérov (*E. Segré a A.C. Helmholtz Rev. Mod. Phys.* 21 (1941) 271)  
Teraz už cca 2600 izomérov a 2800 jadier

# Oblasti jadrovej izomérie



# Typy izomérov



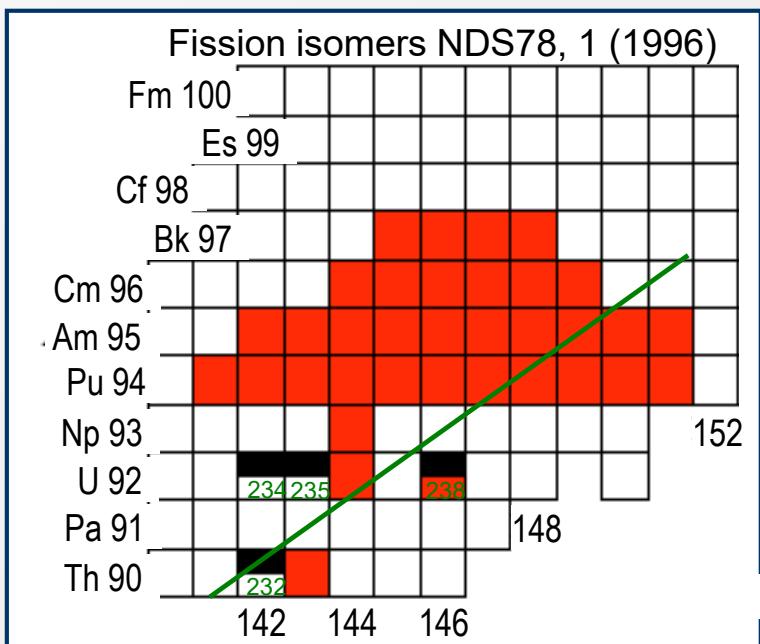
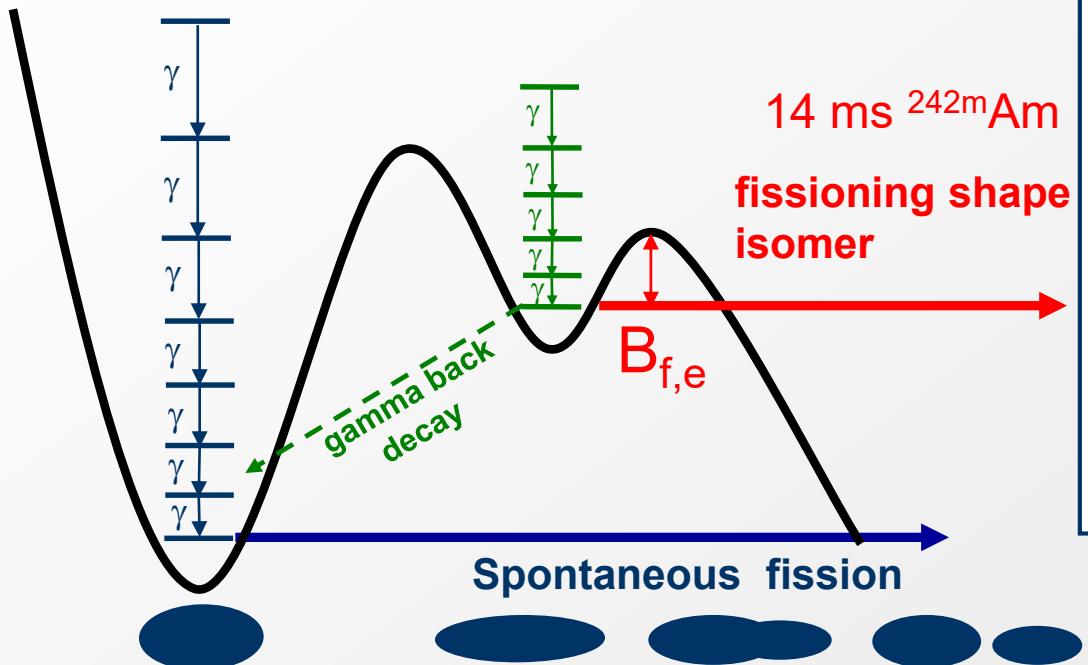
**Figure 1** Excitation energy as a function of various nuclear variables. The secondary energy minima are responsible for the different kinds of isomers: **a**, shape isomers; **b**, spin traps; **c**, K-traps. In each case, the relevant nuclear shapes are illustrated; where appropriate, angular momentum vectors are shown as arrows. For both the spin trap and the K-trap, the angular momentum comes from a small number of orbiting nucleons (two are illustrated in red in each case).

P. Walker, G. Dracoulis *Nature* 399 (1999) 35 -40

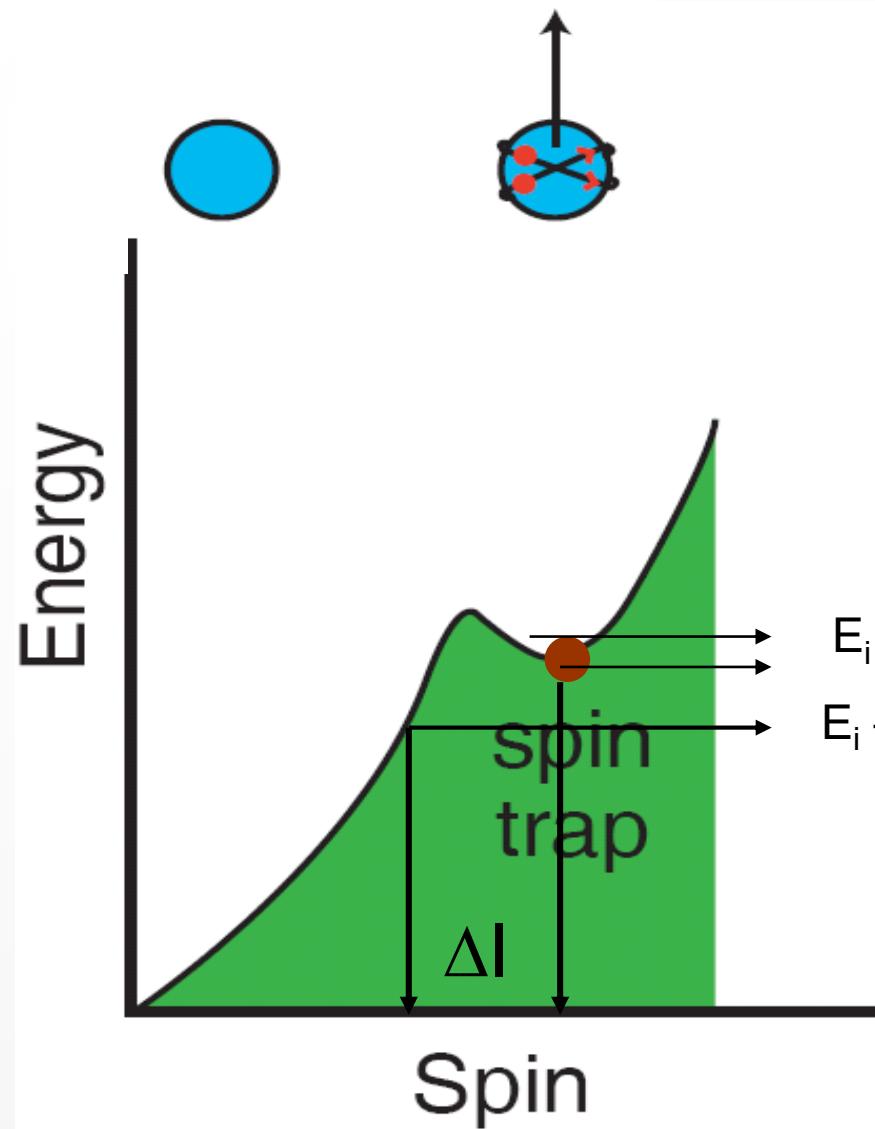
# Fissioning Shape Isomers ( $T_{1/2,f} \sim \text{ns-ms}$ )



- Discovery: 1962 Fissioning shape isomers (V.M. Polikanov et al.)
- Populate states in the second well (typical  $E^* = 2-3 \text{ MeV}$ )**
- Lower and thinner  $B_{\text{fis,external}}$   $\Rightarrow$  shorter  $T_{1/2}$
- e.g.  $^{242}\text{Am}$   $T_{1/2} = 141 \text{ y}$ , but  $^{242m}\text{Am}$   $T_{1/2} = 14 \text{ ms}!$



# Spinová pasca

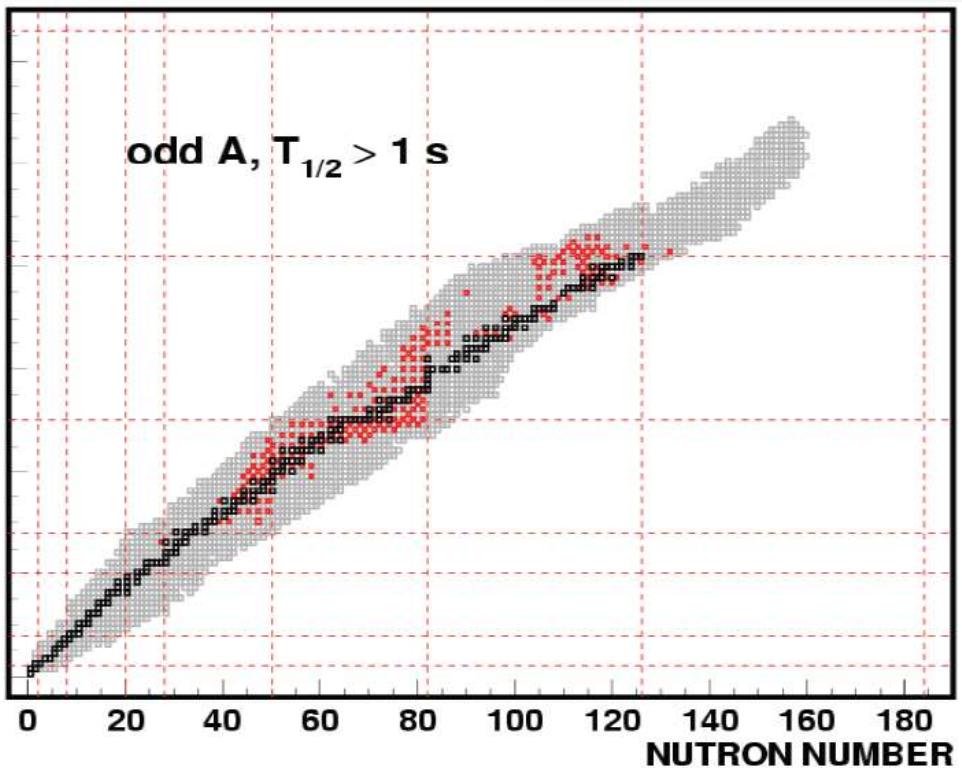
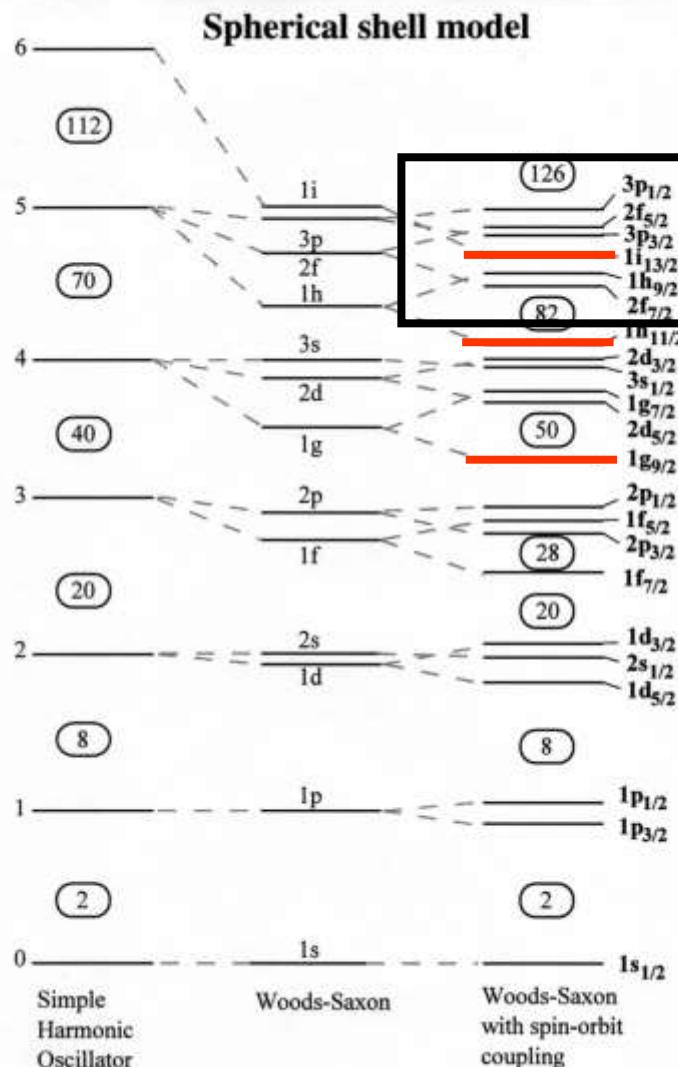


Malá zmena  
spinu viedie iba  
energeticky  
vyššie stavy

$$E_i - E_f < 0$$
$$E_i - E_f > 0$$

Prechod na energeticky  
výhodný stav si vyžaduje  
veľkú zmenu spinu

# Ako vznikne spinová pasca?



islands of long lived isomers

38 < N < 50

64 < N < 82

100 < N < 126

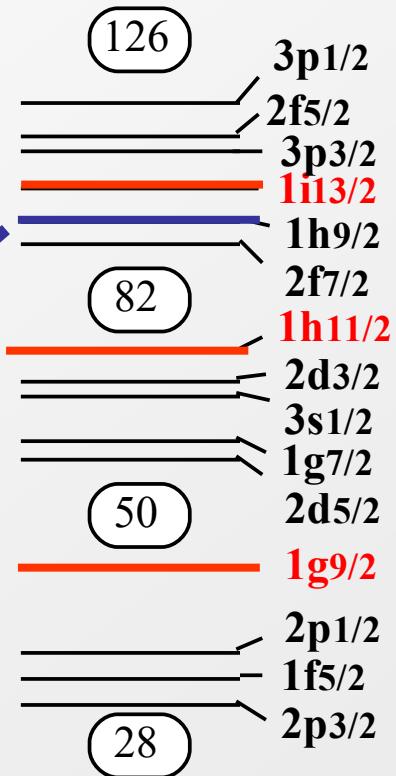
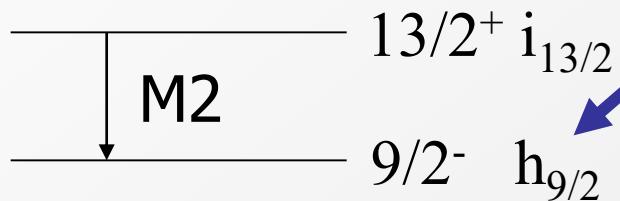
Pre formovanie spin. pasce  
je klúčová prítomnosť orbitalov  
s vysokým spinom

# Ako vznikne spinovú pascu



Spin-orbit splitting brings down high-j states close to low-j states – large change in spin => isomers

These isomers are evidence for the shell structure of nuclei.



# Izoméry v deformovanom jadre

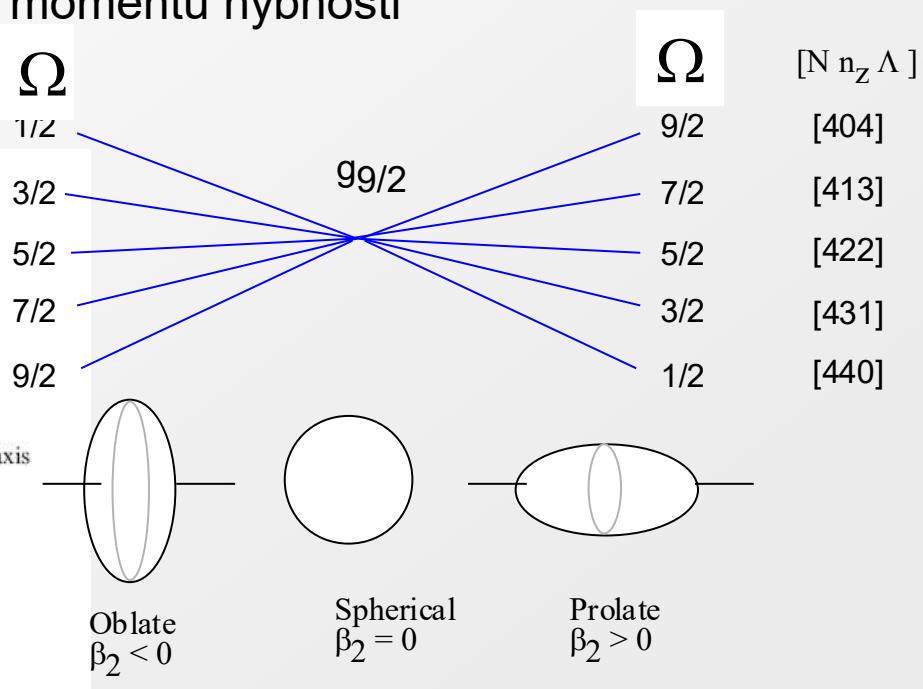
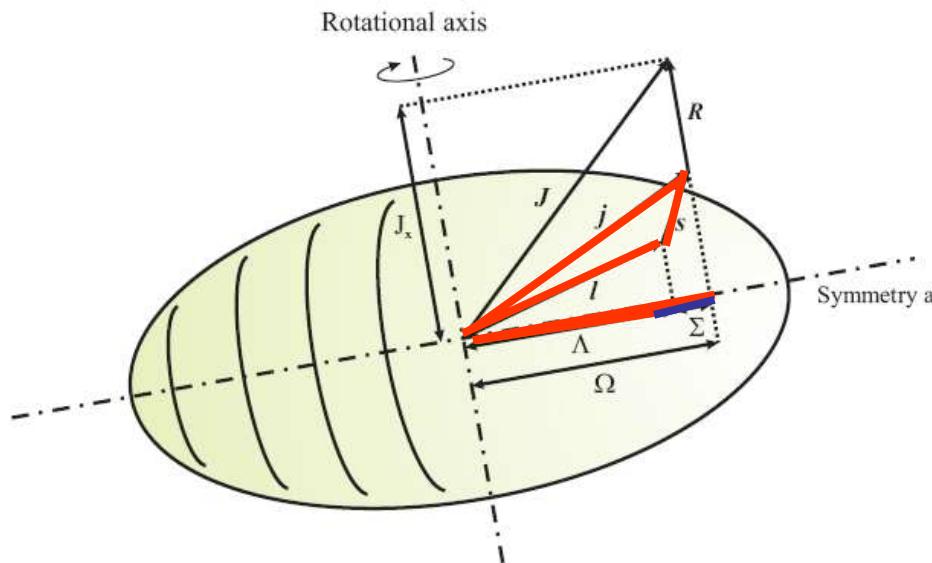
Nilssonov model opisujúci jednočasticový pohyb v deformovanom potenciáli. Zavádzajú sa nové tzv. asymptotické kvantové čísla.

$j$  - moment hybnosti častice (orbitálny moment hybnosti plus spin)

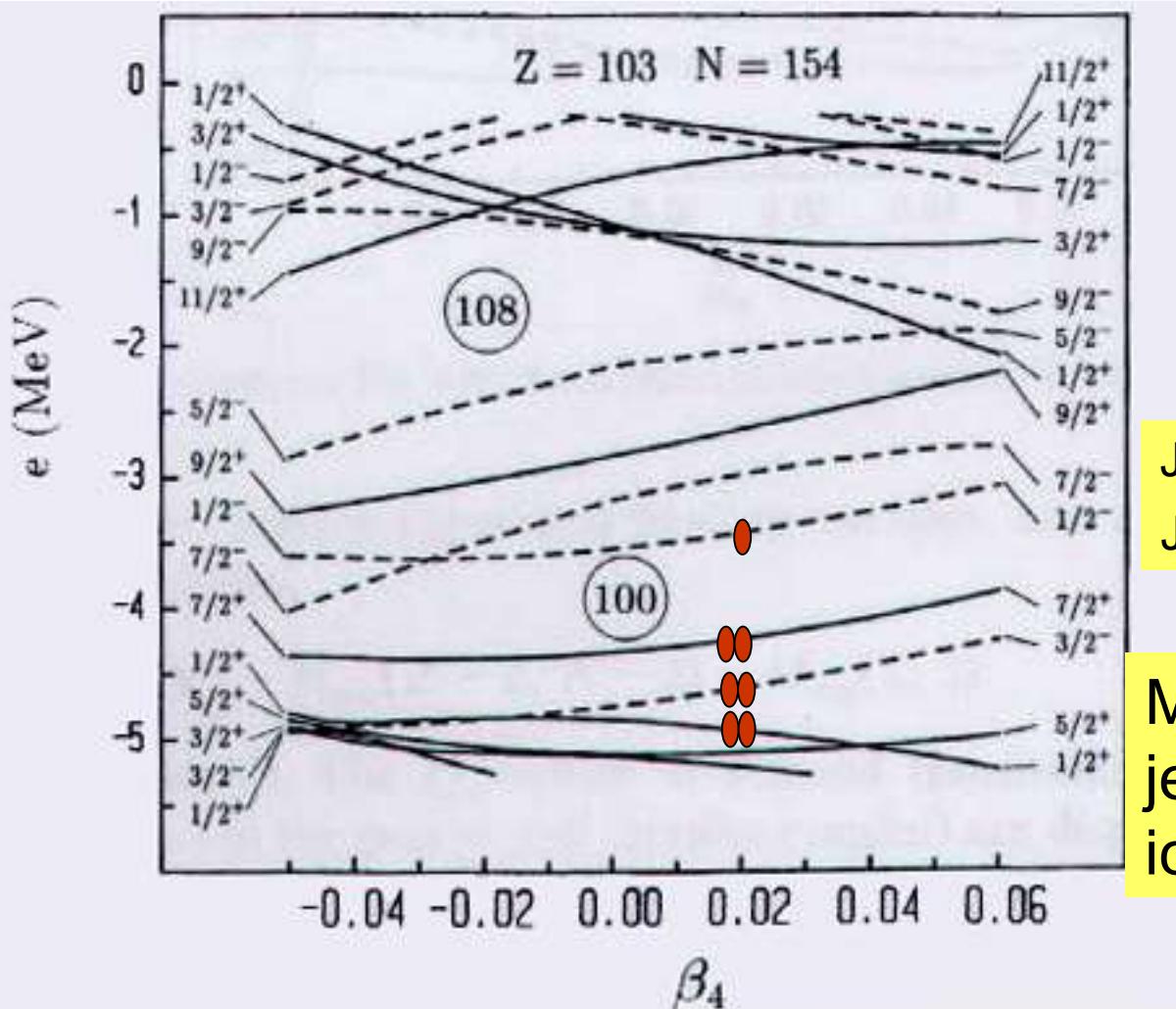
$\Omega$  - projekcia momentu hybnosti do osi symetrie ( $j_z$ )

$\Sigma, \Lambda$  – projekcie orbitalného a spinoveho momentu hybnosti

$n_z$  – kvantové číslo oscilátora



# Jednočasticový izomér



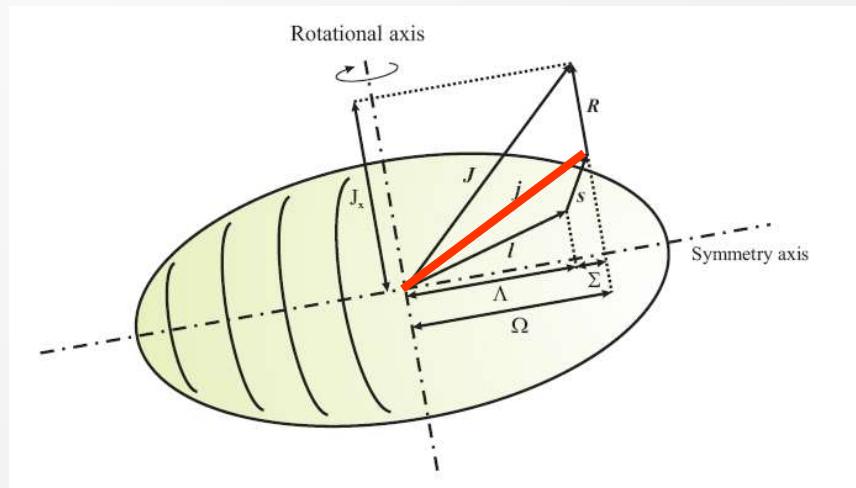
$J^\pi = 7/2^-$   
 $J^\pi = 1/2^-$

M3 prechod  
 Pre 100 keV rozdiel  
 energii cca sekundy

Možnosť identifikovať jednočasticové hladiny, ich energiu aj charakter

# K izoméry

- Izoméry kde dochádza k veľkej zmene kvantového čisla K. Čo to to K vlastne je?
- K – je priemet momentu hybnosti  $j$  do osi symetrie.

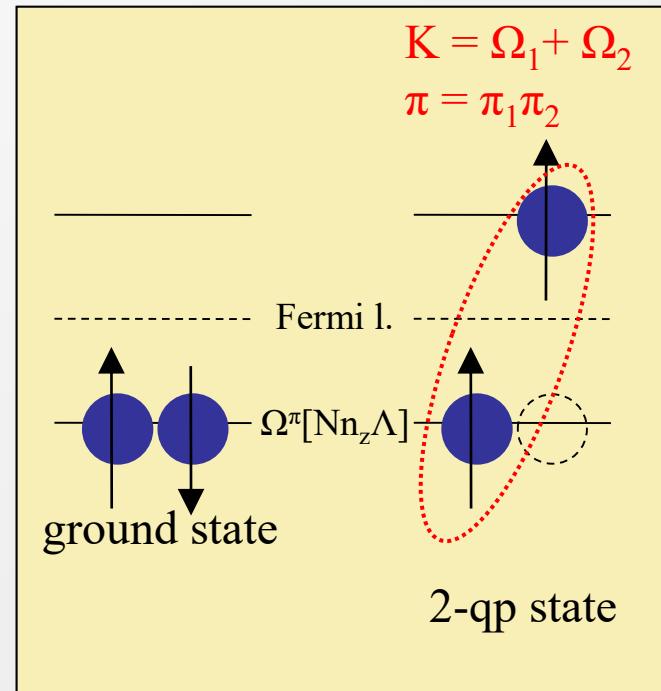
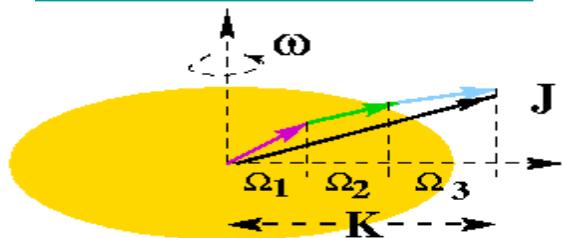


# K izoméry

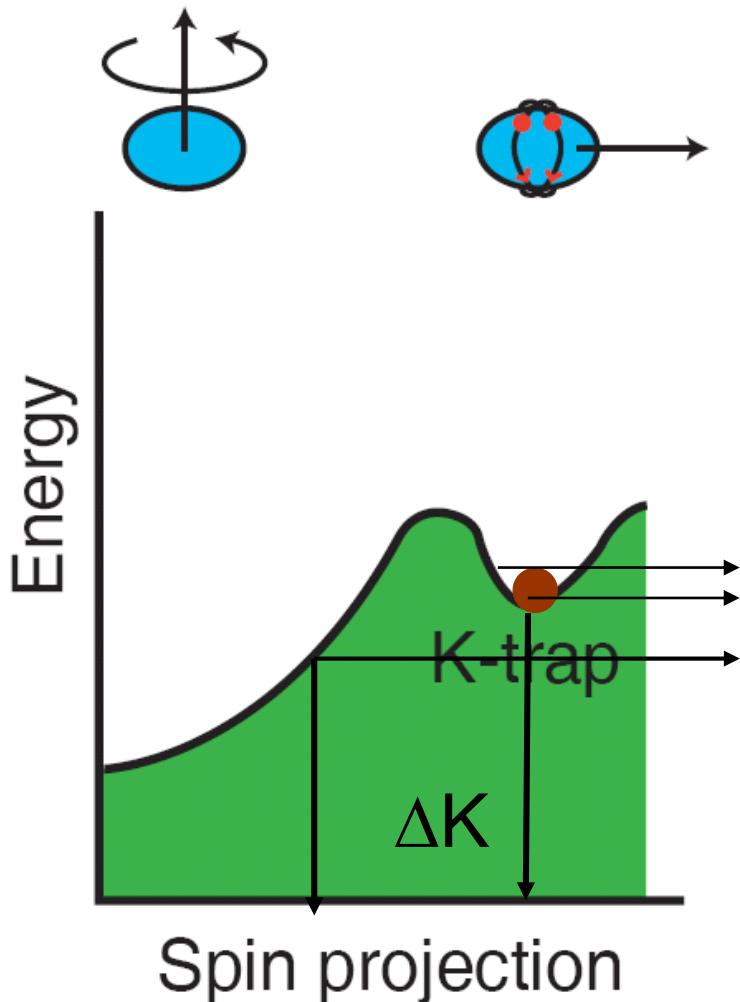
Pre jednočasticový prípad je priemet momentu hybnosti (spinu)  $j$  do osi symetrie  $\Omega$

Pri viacerých časticach je priemet celkového momentu hybnosti súčtom všetkých  $\Omega_i$

The high -K state



# K pasca



Malá zmena  
 $K$  viedie iba  
energeticky  
vyššie stavy

$$E_i - E_f < 0$$
$$E_i - E_f > 0$$

Prechod na energeticky  
výhodný stav si vyžaduje  
veľkú zmenu  $K$

# K-hindrance in $^{178}\text{Hf}$

Hyp. Interact. 135 (2001) 83

