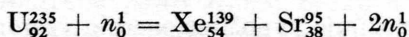


priebehu je zrejmé, že táto energia je najväčšia pri stredne ťažkých prvkoch. To značí, že pri ich vzniku skladom pri tzv. *termonukleárnych reakciách* z prvkov ľahších, alebo rozkladom (*štiepením jadier*) prvkov ťažších sa energia uvoľňuje. Táto okolnosť má prvoradý význam pre výrobu atómovej energie, čím sa budeme zaoberať v nasledujúcom článku.

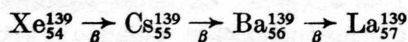
16.12. Refazové nukleárne reakcie a možnosti využitia atómovej energie.

Mnohé umelé premeny prvkov a všetky samovoľne prebiehajúce rádioaktívne premeny atómových jadier sú spojené s uvoľňovaním značných množstiev energie. Napriek tomu nádej na možnosť praktického využitia tejto energie bola dosť dlho malá. Z prirodzene rádioaktívnych prvkov v množstve pomerne väčšom sa nachádza v prírode len urán. Jeho samovoľný rozpad pre praktické účely je však príliš pomalý. Umelé rádioaktívne izotopy vyrábať vo väčšom množstve bolo dlho možné len s použitím umele urýchlených častíc. Avšak väčšina takýchto striel stráca svoju energiu pri pružných zrážkach a len ich malá časť reaguje s jadrami bombardovaných prvkov. Hoci pri umelej premene atómových jadier zásadne je teda možné získať energiu vo veľkom množstve, pre uvedené príčiny množstvo takýmto spôsobom získanej energie je stále neporovnateľne menšie ako energia do procesu vložená.

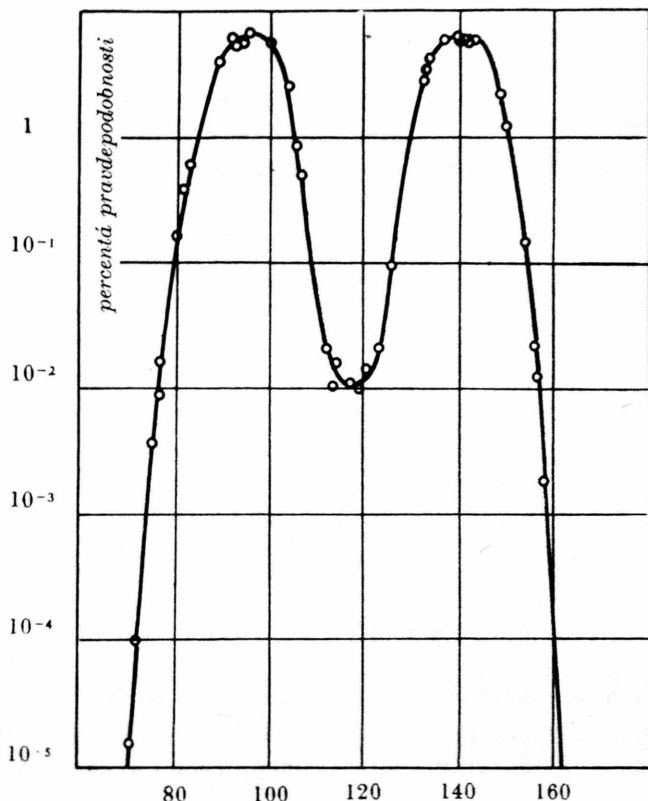
Nádej na možnosť praktického využitia jadrovej energie sa podstatne zväčšila až objavom nového druhu nukleárnej premeny, tzv. *štiepenia* atómových jadier najťažších prvkov. Štiepenie atómových jadier bolo najskôr pozorované pri uráne; môže nastať samovoľne aj účinkom neutrónov. Samovoľné štiepenie atómových jadier objavili sovietski fyzikovia K. A. Petržak a G. N. Flerov pri jadrách uránu U_{92}^{238} . Štiepenie jadier uránu objavili Hahn, Strassmann a Meitnerová r. 1937. Ich snahou bolo vyrobiť tzv. *transurány*, t. j. prvky s atómovým číslom $Z > 92$. Pri bombardovaní uránu neutrónmi zistili títo bádatelia umelú rádioaktivitu, ktorej pôvod dlho nemohli vysvetliť. Až po vykonaní veľkého počtu pokusov sa presvedčili, že ide tu o štiepenie izotopu uránu U_{92}^{235} za pôsobenia pomalých neutrónov. Výsledkom tohoto štiepenia môžu byť jadrá atómov rôznych stredne ťažkých prvkov, pričom vzniká súčasne aj niekoľko voľných neutrónov. Jedno z možných štiepení vyjadruje rovnica



Pretože v obidvoch takto vytvorených jadrách sú neutróny vo veľkej prevahe, nastáva pri nich po sebe rad β -premien, napríklad izotop Xe_{54}^{139} sa samovoľne mení ďalej takto



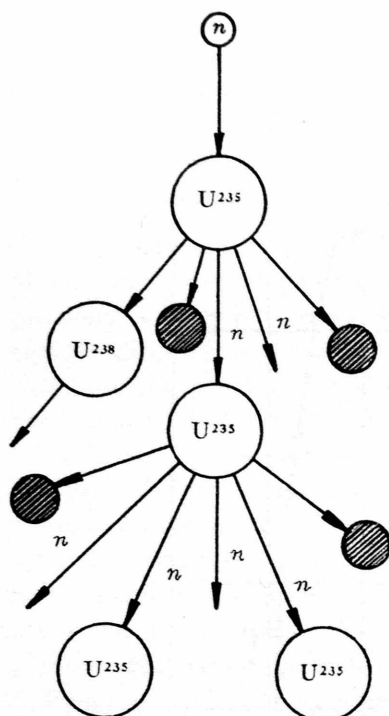
Obr. 16.9 predstavuje krivku, ktorá vyjadruje v percentách pravdepodobnosť vzniku štiepných produktov (fragmentov) s určitým hmotnostným číslom, vznikajúcich pri štiepení uránu U_{92}^{235} za pôsobenia pomalých neutrónov. Proces štiepenia sa vyznačuje uvoľňovaním veľmi veľkej energie asi 150 MeV.



Obr. 16.9.

Štiepenie jadier uránu U_{92}^{235} môže prebehnúť aj ako retazová reakcia. Pri štiepení jadier U_{92}^{235} okrem fragmentov vznikajú totiž aj voľné neutróny, ktoré za vhodných okolností môžu spôsobiť štiepenie ďalších jadier U_{92}^{235} atď., ako je to znázornené na obr. 16.10. Keď podmienky sú volené tak, že intenzita reakcie sa veľmi rýchle zväčšuje, priebeh reakcie má charakter výbuchu, čo sa využíva v tzv. atómových bombách.

Uskutočnenie retazovej reakcie sťažujú dve okolnosti. Prvou z nich je, že prirodzený urán obsahuje dva izotopy, U_{92}^{238} a U_{92}^{235} , z ktorých prvý, nachádza-



Obr. 16.10.

júci sa v prirodzenom uráne v množstve asi 99 %, pohlcuje neutróny bez toho, že by nastalo jeho štiepenie. Druhou príčinou je, že pri štiepení jadier uránu U_{92}^{235} vznikajú rýchle neutróny, ktoré ľahko unikajú do okolitého priestoru aj cez masívne hmotné prekážky. Pre tieto príčiny len časť neutrónov vznikajúcich pri štiepení určitého jadra uránu U_{92}^{235} vyvoláva štiepenie aj ďalších takýchto jadier. Keď počet neutrónov účinných je nepostačujúci, reakcia sa preruší. Na udržanie reťazovej reakcie je nevyhnutné alebo prirodzený urán podstatne obohatiť izotopom U_{92}^{235} , alebo pri jednotlivých etapách reakcie vznikajúce neutróny umele spomaliť. Pri výrobe atómovej energie pre mierové účely sa uskutočňuje spomalovanie neutrónov v tzv. *reaktoroch*, pričom sa súčasne priebeh reakcie vhodne riadi pomocou prvkov účinne pohlcujúcich neutróny bez toho, aby dochádzalo k štiepeniu ich jadier.

17. Z FYZIKY ATÓMOVÉHO OBALU

17.1. Bohrov a Sommerfeldov model vodíkového atómu. Podľa Planckovej kvantovej domnienky energia lineárneho oscilátora s vlastnou frekvenciou ν môže sa meniť len o celistvé násobky elementárneho kvanta $h\nu$. Táto je teda vždy

$$E = nh\nu \quad (1)$$

kde n je celé, tzv. *kvantové číslo*.

Ako príklad lineárneho oscilátora majme na mysli hmotný bod s hmotnosťou m , upevnený tak, že môže konať len harmonický pohyb v priamke, ktorej smer v priestore sa s časom nemôže meniť. Direkčná sila, ktorou je tento hmotný bod viazaný na svoju rovnovážnu polohu, nech má absolútnu hodnotu k . Pri výchylke r takto upevneného hmotného bodu z jeho rovnovážnej polohy a rýchlosti v jeho celková energia E , súčet energie polohovej a pohybovej, je

$$E = \frac{1}{2} kr^2 + \frac{1}{2} mv^2$$