

## **CHRONOLÓGIA VÝZNAMNÝCH OBJAVOV A UDALOSTÍ Z OBLASTI NEUTRÓNOVEJ A REAKTOROVEJ FYZIKY A TECHNIKY**

Chronológiu významných objavov zahrňujúcu celú **jadrovú fyziku** môže čitateľ nájsť v publikácii vydanej Slovenskou nukleárnou spoločnosťou v r. 2006 „Atómy na Slovensku“, ktorú pripravila redakčná rada v zložení Daniš D., Feik K., Florek M., Komošena J., Chrapan J., Morovics M., Slugeň V., Šeliga M., Valovič J.

O. Hahn s L. Meitnerovou objavili protoaktínium. **1917**

Nobelovu cenu za fyziku dostáva N. Bohr. Ocenené boli jeho výskumy štruktúry atómu, osobitne jeho model atómu a kvantová interpretácia emitovaného žiarenia. **1922**

L. de Broglie vyslovil princíp dualizmu „vlna-častica“, ktorý bol experimentálne potvrdený v pokusoch J. Davissona a H. Germera v roku 1927. (Nobelova cena za fyziku, 1929.) **1924**

V dielach M. Borna, W. Heisenberga a E. P. Jordana sa rodí komplex kvantovej mechaniky. Základy tejto disciplíny boli vytvorené už v prácach M. Plancka, L. de Broglieho a N. Bohra. **1925**

W. Pauli formuloval pri skúmaní štruktúry elektrónových obalov tzv. vylučovací princíp, ktorý bol neskôr po ňom pomenovaný.

W. Heisenberg v súvislosti s kvantovou mechanikou elementárnych častíc vyslovil princíp neurčitosti, ktorý bol neskôr po ňom pomenovaný. (Heisenberg dokonca hľadal súvislosti princípu neurčitosti a indeterminizmu aj s filozofickými otázkami.) **1927**

J. Davisson, L. H. Germer a G. P. Thomson preukázali interferenčné javy vznikajúce pri prechode elektrónových lúčov kryštálmi. Bol to experimentálny dôkaz vlnových vlastností elektrónu (teórie de Broglieho, 1924).

J. W. Geiger a W. Müller skonštruovali plynový detektor subjadrových častíc (G-M detektor). **1928**

W. W. G. Bothe a H. Becker pri bombardovaní berýlia časticami  $\alpha$  objavili nový druh veľmi prenikavého žiarenia, ktoré neskôr prispelo k objavu neutrónov (J. Chadwick, 1932). **1930**

E. O. Lawrence sa zaoberal problematikou urýchľovačov a ako prvý navrhol princíp cyklotrónu.

J. D. Cockroft a E. T. S. Walton uskutočnili prvú jadrovú reakciu prostredníctvom umelo urýchľovaných častíc: jadrá lítia sa v ich pokuse rozpadávali na héliové jadrá. Pri pokusoch používali kaskádový urýchľovač vlastnej konštrukcie.

W. Pauli vyslovil hypotézu o existencii neutrína. Experimentálny dôkaz existencie týchto častíc podali až po štvrtstoročí C. I. Cowan a F. Reines. **1931**

J. Chadwick skúmaním žiarenia, ktoré vzniká pri bombardovaní berýlia časticami  $\alpha$  (J. D. Cockroft, E. T. S. Walton, 1930), zistil, že sa skladá z lúčov  $\gamma$  a elektricky neutrálnych častíc – neutrónov. (Nobelova cena za fyziku, 1935) **1932**

D. D. Ivanenko a I. J. Tamm vyslovili hypotézu, podľa ktorej atómové jadro sa skladá z protónov a neutrónov. Nezávisle od nich vyslovil podobnú hypotézu W. Heisenberg.

C. D. Anderson objavil v kozmickom žiarení pozitrony, ktorých existenciu predpokladal r. 1928 P. A. M. Dirac.

E. O. Lawrence skonštruoval prvý kruhový urýchľovač – cyklotrón, ktorého princíp opísal v roku 1930. Priemer tohto prístroja bol 27 cm.

Štiepiť jadrá lítia sa darí sovietskym vedcom (K. D. Simelnikov, A. K. Walter, A. I. Lejpunskij – impulzný generátor s napätím približne 1 MV) a aj vo Veľkej Británii (J. D. Cockroft, E. Walton – kaskádny generátor 0,8 MV). Elektrostatický Van de Graaffov generátor s napätím približne 1 MV vybudovali aj v USA.

Manželia I. a F. Joliot-Curie objavili umelú rádioaktivitu, vznik nestabilných rádioaktívnych jadier pri bombardovaní hliníka časticami  $\alpha$ . Bol to výsledok ich niekoľkoročných intenzívnych pokusov realizovaných od roku 1928, pri ktorých skúmali jadrové reakcie prebiehajúce pri ostreľovaní jadier ľahkých prvkov časticami  $\alpha$ . (Nobelova cena za fyziku, 1935) **1934**

E. Fermi využitím Pauliho hypotézy o neutríne podal vysvetlenie  $\beta$ -premeny.

E. Fermi pri bombardovaní uránu neutrónmi zistil, že vznikajú nové rádioaktívne prvky a zároveň poukázal na to, že spomalené neutróny sa intenzívnejšie podieľajú na jadrových reakciách. Tento poznatok sa stal veľmi dôležitým princípom v neskorších jadrových energetických zariadeniach. (Nobelova cena za fyziku, 1938)

P. A. Čerenkov spozoroval, že žiarenie  $\gamma$  pri prechode kvapalinou vyvoláva modravé svetielkovanie. Toto žiarenie bolo neskôr po ňom

pomenované. Teoretickú interpretáciu podali roku 1937 I. M. Frank a I. J. Tamm. (Nobelova cena za fyziku, 1958)

Frederic a Iréne Joliot-Curie vytvorili prvý umelý rádionuklid emitujúci pozitron. O rok na to dostali Nobelovu cenu za chémiu.

Neptúnium, identifikované Joliot-Curie sa stalo východiskovým prvkom pre rovnomenný neptúniový premenový rad ( $A = 4n + 1$ ). Jeho 13 členov bolo postupne objavených (do r. 1947).

H. Yukawa vypracoval teoretický model silových polí atómového jadra, kde okrem protónov a neutrónov predpokladal existenciu ďalších častíc s veľmi krátkou životnosťou a s hmotnosťou asi 200-krát vyššou ako hmotnosť elektrónu. Nazval ich mezóny. (Nobelova cena za fyziku, 1949) **1935**

Tím I. V. Kurčatova objavil izomériu rádioaktívnych jadier a vypracoval teóriu tohto javu.

V Sovietskom zväze stavajú stále väčšie urýchľovače, ktoré umožňujú experimenty s elementárnymi časticami. (Charkov – elektrostatický, 4 MeV; Moskva – cyklotrón, prvý v Európe, 6 MeV; Leningrad/Petrohrad – cyklotrón, nedokončený pre vojnu, 12 MeV)

J. Dempster na zdokonalenom hmotnostnom spektrografe začal určovať izotopy ťažkých prvkov. Prvý raz izoloval izotop uránu U 235.

[Prvé neutrónovo rádiografické experimenty v Berlíne uskutočnil Kaliman a Kuhn.](#)

J. I. Frenkel ako prvý aplikoval v jadrovej fyzike termodynamické pojmy. Predložil kvapkový model jadra a navrhol aj prvú teóriu štiepenia jadier. Teóriu kvapkového modelu rozpracovávali neskôr N. Bohr a L. D. Landau (1937). **1936**

N. Bohr rozpracoval teóriu kvapkového modelu atómového jadra, s touto myšlienkou prišiel rok predtým J. I. Frenkel. **1937**

E. Segre a C. Perrier identifikovali vo vzorke molybdénu, ktorá bola dlhodobo ostreľovaná jadrami ťažkého vodíka urýchlenými v cyklotróne, izotop nového prvku, ktorý dostal neskôr názov technécium. Existenciu tohto prvku predpokladal už Mendelejev.

O. Hahn a F. Strassmann ostreľovaním uránových jadier pomalými neutrónmi zistili, že pri pokusoch vzniká o.i. bárium. Vysvetlenie javu podali o pár mesiacov neskôr L. Meitnerová a O. R. Frisch, ktorí pochopili, že ide o štiepenie jadier. (Nobelova cena za chémiu O. Hahnovi, 1944) **1938**

H. A. Bethe a C. F. von Weizsäcker nezávisle na sebe vypracovali tézy o tom, že zdrojom slnečnej energie je fúzia atómových jadier vodíka, pri ktorej dochádza k vyžarovaniu tepelnej energie.

I. Joliot-Curieová a P. Savič sa dopracovali k ďalším variantom štiepenia jadier. Pri ostreľovaní uránu neutrónmi dostali miesto očakávaných transuránov ľahší prvok – lantán. **1939**

F. Joliot-Curie spolu s H. Halbanom (ml.) a L. Kowarským zistili, že štiepenie uránu  $^{235}\text{U}$  je sprevádzané uvoľňovaním neutrónov, ktoré môžu byť absorbované iným jadrom a vytvárať izotop  $^{236}\text{U}$ , ktorý je náchylný k štiepeniu. Je to základ reťazovej reakcie, umožňujúcej získavanie energie z jadrových reakcií.

E. Fermi a L. Szilárd nezávisle od výskumov F. Joliot-Curie a jeho spolupracovníkov sa tiež dopracovali k objavu reťazovej reakcie a uvedomovali si jej energetický a vojenský význam. A. Einstein na podnet L. Szilárda zaslal list prezidentovi USA F. D. Rooseveltovi, v ktorom mu odporúča do pozornosti výskumy zamerané na problematiku reťazovej reakcie. (2. 8. 1939)

V Berkeley (USA) uviedli do prevádzky vtedy najväčší cyklotrón na svete s priemerom 1,5 m. Pracoval až do roku 1962.

J. B. Chariton a J. B. Zeľdovič referovali o svojich výskumoch reťazovej reakcie. Ukázali, že pri obohatení prírodných uránových zmesí izotopom  $^{235}\text{U}$  a pri použití obyčajnej vody ako moderátora je možné vytvoriť podmienky na kontinuálne štiepenie atómových jadier, pri ktorom sa uvoľní značná energia. **1939–1940**

J. D. Dunning navrhol metódu na separáciu uránu 235 od prírodného uránu. **1940**

E. McMillan a P. H. Abelson pri pokusoch s ostreľovaním uránu na cyklotróne v Berkeley objavili prvý transurán neptúnium.

K. A. Petržak a G. N. Florov vychádzajúc aj z prác J. B. Charitona a J. B. Zeľdoviča objavili spontánne štiepenie uránových jadier a urobili kvantitatívny odhad uvoľnenej energie.

Vedci v Sovietskom zväze, najmä I. V. Kurčatov, upozorňujú na vojenský a hospodársky význam výskumov zameraných na jadrové reťazové reakcie.

G. T. Seaborg so svojím tímom (J. W. Kennedy, E. M. McMillan, E. G. Segrè, A. Ch. Wahl a ďalší) objavili plutónium ( $Z=94$ ). Skupina sa systematicky venovala výskumu transuránov a dosiahla aj ďalšie významné výsledky. (Nobelova cena za chémiu G. T. Seaborgovi a E. M. McMillanovi, 1951) **1941**

Vláda USA od začiatku 40. rokov 20. storočia sa rozhodla intenzívnejšie podporiť jadrový výskum. Jedným z konkrétnych prejavov tejto podpory bol rozsiahly Projekt Manhattan, v rámci ktorého vyvinuli prvý atómový reaktor, ako aj atómovú bombu. **1942**

Pod vedením E. Fermiho bol v Chicagu postavený prvý pokusný atómový reaktor v ktorom 2. decembra uskutočnili prvú riadenú reťazovú reakciu.

J. Gy. Hevesy získal Nobelovu cenu za chémiu za práce zamerané na využitie rádionuklidov ako indikátorov pri skúmaní chemických procesov. **1943**

Nobelovu cenu za fyziku udelili I. I. Rabimu za vypracovanie rezonančnej metódy na registráciu magnetických vlastností atómového jadra. **1944**

V USA bol v rámci Projektu Manhattan pod vedením J. R. Oppenheimera ukončený vývoj prvej atómovej bomby. **1945**

Prvé atómové výbuchy v rámci amerického jadrového programu:

16.7. – pokusný výbuch Alamogorde v Novom Mexiku (USA)

6.8. – atómová bomba s uránovou náložou, Hirošima (Japonsko)

9.8. – atómová bomba s plutóniovou náložou, Nagasaki (Japonsko)

W. F. Libby publikoval svoju metódu rádiouhlíka  $^{14}\text{C}$  na určovanie veku v archeológii, geológii, geofyzike a v iných oblastiach. (Nobelova cena za chémiu, 1960)

V USA zahájili výrobu rádionuklidov pre lekárske a priemyselné účely. **1946**

I. V. Kurčatov a jeho spolupracovníci uviedli do chodu prvý pokusný atómový reaktor na euroázijskom kontinente. Bolo to súčasťou sovietskeho atómového programu, ktorý sa začal v roku 1943.

J. P. Eckert a M. J. Mauchly vo februári dokončili stavbu prvého elektronického samočinného počítača Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). Dôležitý medzník nielen vo vývoji počítačovej techniky, ale aj v histórii atómovej fyziky.

Vo Veľkej Británii bol postavený atómový reaktor (Harwell)

M. Goppertová-Mayerová sa začala venovať skúmaniu tzv. energetických čísel, čiže počtu elementárnych častíc, pri ktorých pozorujeme náhly rast energie v jadre, a s ktorými súvisí aj stabilita jadra. V nasledovných rokoch dospela k predstave energetických hladín atómového jadra, k tzv. vrstvovému (lupienkovému) modelu atómového jadra. K podobnému výsledku sa dopracoval aj H. J. D. Jensen. (Spoločná Nobelova cena za fyziku, 1963) **1948**

V Dubne uviedli do prevádzky synchrocyclotrón na energiu 680 MeV, vtedy najvýkonnejší na svete. **1949**

(29. 8.) Sovietski odborníci na strelnici Limonija pri Semipalatinsku uskutočnili prvý skúšobný výbuch atómovej bomby, ktorú vyvinuli v rámci atómového programu Sovietskeho zväzu.

Nobelovu cenu za fyziku udelili C. F. Powellovi za vypracovanie fotografickej metódy na skúmanie jadrových procesov a za objavy v oblasti fyziky mezónov. Powell už v roku 1947 objavil touto metódou  $\pi$ -mezóny, ktorých existenciu predpokladal H. Yukawa (1935). Powellova metóda sa stala veľmi účinnou pomôckou vo výskume kozmického žiarenia a atmosférických jadrových procesov. **1950**

V meste Arco v štáte Idaho (USA) začal pracovať prvý množiaci jadrový reaktor, ktorý okrem výroby energie produkoval aj nové jadrové palivo. **1951**

Tím pod vedením E. Tellera, ktorý pracoval na vývoji vodíkovej bomby, uskutočnil prvú termonukleárnu explozívnu fúziu požitím deutéria a trícia. Pokusný výbuch realizovali na koralovom súostroví Eniwetok (súčasť Marschallových ostrovov v strednom Pacifiku).

A. A. Ware prvý raz realizoval pokusy s horúcou plazmou v tzv. magnetickej nádobe, v ktorej priestor pre udržiavanie plazmy vytváralo silné elektromagnetické pole. Myšlienka experimentálnej magnetickej nádoby koncentrujúcej plazmu pochádza od W. H. Bennetta (1934), praktická realizácia od L. Spitzera ml.

Aj v Sovietskom zväze vypracovali návrh na konštrukciu zariadenia, ktorá by umožňovala pokusy s horúcou plazmou (TOKAMAK). Pokusmi na týchto zariadeniach zároveň začínajú konkrétnejšie úvahy o riadených termonukleárných reakciách a ich využití.

(1. 11.) Na koralovom ostrove Elugelab (súčasť súostrovia Eniwetok) uskutočnili prvý test vodíkovej bomby, ktorý ostrov úplne zničil. **1952**

Sovietski fyzici dosahujú prvé výsledky na TOKAMAK-u. Pokusy o riešenie problému riadenej termonukleárnej reakcie pokračujú aj v USA, neskôr aj vo Veľkej Británii.

Atómovú bombu vyvinuli aj vo Veľkej Británii. (Prvé testy uskutočnili 3. októbra 1952)

(august) V Sovietskom zväze uskutočnili pokusný výbuch vlastnej vodíkovej bomby. **1953**

V USA začali vývoj energetických reaktorov rôznych typov: PWR, BWR, SRE, HRA, EBR.

Vo Veľkej Británii taktiež rozbehli program výroby energetických reaktorov.

(8. 12.) Prezident USA D. Eisenhower predniesol svoj známy prejav Atómy pre mier (Atoms for Peace), v ktorom navrhol založenie Medzinárodnej komisie pre atómovú energiu, so zameraním na výskum a mierové využitie jadrových zariadení.

(21. 1.) V USA vyplávala ponorka Nautilus, prvá na jadrový pohon. **1954**

(jún) V Obninsku (ZSSR, Kaluga) začala pracovať prvá sovietska atómová elektrárňa s výkonom 5 MW. Bola to prvá elektrárňa na svete, ktorá dodávala elektrickú energiu do verejnej siete.

Vyvinuté boli prvé ľahké nukleárne elektrické články, v ktorých napätie vytvárajú elektróny emitované z  $\beta$ -žiarica.

V Ženeve sa uskutočnila prvá medzinárodná konferencia „Atómy pre mier“ **1955**

V Moskve bola podpísaná dohoda medzi ČSR a ZSSR o pomoci pri mierovom využití atómovej energie, v rámci ktorej bol do ČSR dodaný cyklotrón a ľahkovodný experimentálny reaktor.

*V Řeži blízko Prahy bol založený Ústav jadrového výskumu, ktorého pôvodným poslaním bol základný výskum v oblasti jadrovej fyziky, rádiochémie a jadrovej energetiky, výroba rádioizotopov a príprava odborníkov v súvisiacich odboroch. Neskôr na pôde ústavu sa posilnil aplikovaný výskum so zameraním na výstavbu, prevádzku a bezpečnosť jadrových elektrární, osobitne rýchlych reaktorov a elektrární typu VVER.*

B. Cork so svojimi spolupracovníkmi objavil antičasticu neutrónu, antineutrón. **1956**

C. I. Cowan a F. Reines dokázali existenciu neutrína.

V Calder Hall (severné Anglicko) uviedli do prevádzky prvú atómovú elektrárňu, vybavenú jadrovým reaktorom s plynovým chladením a grafitovým moderátorom. Produkovala aj plutónium v rámci vojenského jadrového programu Veľkej Británie.

V Marcoule (Francúzsko) vybudovali prvú jadrovú elektrárňu.

**V Dubne (neďaleko od Moskvy) bol založený Spojený ústav jadrových výskumov.**

*Začali sa československo-sovietske rokovania o výstavbe prvej československej jadrovej elektrárne v Jaslovských Bohuniciach (A1). Návrhy uvažovali o ťažkovodnom reaktore s plynovým chladením (CO<sub>2</sub>). V marci bola podpísaná medzivládna dohoda o realizácii*

projektu.

J. D. Lawson vypracoval súbor podmienok potrebných k realizácii **1957** vodíkovej jadrovej fúzie (Lawsonovo kritérium).

V Sovietskom zväze dali do prevádzky prvú civilnú loď na jadrový pohon, ľadoborec Lenin

V Dubne vybudovali synchrofázotrón na energiu 10 GeV.

V britskom stredisku jadrového výskumu Harwell vybudovali zariadenie na skúmanie plazmy (prístroj ZETA, Zero-Energy-Thermonuclear Assembly). Ich pokusy zamerané na uskutočnenie termonukleárnej fúzie však zostali v prvých rokoch neúspešné.

V Shippingporte (Pensylvania, USA) uviedli do prevádzky prvý tlakovodný jadrový reaktor, v ktorom chladiacim médiom je ľahká voda, ktorá v primárnom chladiacom okruhu je pod vysokým tlakom odvedená do výmenníku tepla, kde odovzdá energiu získanú z reaktora.

(10. 10.) Na britskom jadrovom reaktore vo Windscale vypukol požiar, pričom došlo aj k úniku rádioaktívnych látok do okolia. Prvá závažnejšia havária jadrového zariadenia v dejinách.

(27.7.) Z podnetu I. ženevskej konferencie o mierovom využití atómovej energie vznikla na pôde OSN Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu.

Skupina 18 nemeckých jadrových fyzikov na čele s O. Hahnom publikovala tzv. Göttingenský manifest, v ktorom protestovali proti výrobe, skúšaniam a použitiu jadrových zbraní.

*Na základe spoločnej československo-sovietskej expertízy bol schválený úvodný projekt výstavby jadrovej elektrárne v Jaslovských Bohuniciach. Ako gestor (investor) projektu bol založený národný podnik Jadrová elektrárň Bohunice.*

Americká atómová ponorka Nautilus podplávala Severný pól. **1958**  
V Sovietskom zväze tiež spustili na vodu prvé atómové ponorky.

Výzvu na zastavenie pokusov s jadrovými zbraňami podpísalo vyše 11 000 vedcov z celého sveta. Iniciátorom výzvy bol L. C. Pauling.

*(august) Začali sa prípravné práce na výstavbe Jadrovej elektrárne A-1 v Jaslovských Bohuniciach.*

V ženevskom Európskom jadrovom stredisku CERN bol postavený **1959** a spustený protónový synchrotrón na energiu 28 GeV.

V Brookhavene (USA) uviedli do prevádzky protónový synchrotrón na energiu 38 GeV.



V Haldene bola spustená prvá nórska jadrová elektrárňa s výkonom 10 MW. Prvý raz v nej bol použitý systém horúcovodného reaktoru s ťažkou vodou ako moderátorom.

V atmosfére Zeme vo výške asi 400 km bol objavený umelý radiačný pás, o ktorom sa dokázalo, že vznikol v dôsledku uskutočnených jadrových výbuchov.

Francúzsko má tiež atómovú bombu. Prvý skúšobný výbuch uskutočnili 13. februára. Svoj program jadrového výskumu zintenzívnilo aj Taliansko (prvý päťročný plán). **1960**

Americká atómová ponorka Triton oboplávala pod hladinou mora celú zemeguľu. V rámci jadrového programu boli viaceré americké ponorky vyzbrojené interkontinentálnymi raketami schopnými niesť aj jadrovú nálož. Bolo to už súčasťou nebezpečného súťaženia v jadrovom zbrojení medzi USA a Sovietskym zväzom.

*Po vykonaní dodatočných expertíz, prípravných prác a odstránení niektorých technických a organizačných prekážok sa začala výstavba hlavného výrobného bloku jadrovej elektrárne A-1 v Jaslovských Bohuniciach.*

V moskovskom Ústave teoretickej a experimentálnej fyziky P. N. Lebedeva uviedli do prevádzky urýchľovač protónov na energiu 7 GeV. **1961**

V Nebraske (USA) bol spustený grafitom moderovaný a sodíkom chladený reaktor Hallam. V prevádzke bol len do r. 1964. **1962**

V Čeljabinsku (ZSSR) bola dokončená ďalšia sovietska jadrová elektrárňa so šiestimi blokmi s výkonom po 1 MW. Bol v nich použitý tlakovodný systém s grafitovým moderátorom.

V USA a Sovietskom zväze vyvinuli malé prenosné jadrové elektrárne, ktoré sa uplatnili v extrémnych podmienkach na arktických a antarktických základniach. **1962 – 1963**

F. R. Post a jeho tím na univerzite v Berkeley na zariadení ALICE dokázali udržať plazmu stabilnú asi pol sekundy. M. S. Ioffe a jeho spolupracovníci v Kurčatovovom ústave v Moskve tiež udržali plazmu na niekoľko stotín sekundy. Bol to veľký pokrok oproti predchádzajúcim podobne zameraným pokusom, ale hlavný cieľ – termonukleárnu syntézu sa nepodarilo uskutočniť ani jednému z výskumných tímov. **1963**

V Detrote (USA) bol pre poruchu (upchatie palivového kanála) odstavený rýchly množivý reaktor Enrico Fermi.

Energetické spoločnosti ako Westinghouse, General Electric, Babcock and Wilcox a Combustion Engineering zahajujú svoj program jadrových elektrární, o čom svedčí vlna objednávok reaktorov

s výkonmi okolo 600 MW.

Sovietsky zväz, USA a Veľká Británia podpísali medzinárodnú dohodu o zastavení jadrových skúšok v atmosfére, pod vodnou hladinou a v kozmickom priestore. (PTBT – Partial Test Ban Treaty) Dohodu nepodpísali ďalšie atómové mocnosti: Francúzsko a Čína. Dohody tohto druhu inicioval ešte v roku 1954 J. Nehru, predseda indickej vlády, ktorý navrhoval úplný zákaz jadrových skúšok.

Vo Veľkej Británii boli uvedené do prevádzky jadrové elektrárne s výkonom okolo 300 MW (Berkeley, Bradwell, Hunterston). Výroba elektriny v nich ešte vychádza drahšie ako v elektrárňach s klasickým palivom. **1963 – 1964**

V Kieli (SRN) spustili na vodu veľkú obchodnú loď Otto Hahn s jadrovým pohonom. Pre tento účel bol vyvinutý špeciálny typ reaktora s nezvyčajnou horizontálnou polohou palivových článkov. **1964**

V USA sa usilujú vyvinúť jadrový reaktor, ktorý by dodával energiu raketám.

L. M. Ledermann so svojimi spolupracovníkmi realizovali prvú syntézu antiprotónu a antineutrónu na antideuterón. **1965**

V Ševčenku bol uvedený do prevádzky rýchly reaktor 150 MW určený na výrobu elektriny a na odsolovanie vody.

P. Sorokin a nezávisle od neho F.P. Schäfer vyvinuli farbivový laser, ktorý sa uplatnil o.i. aj vo výskume fyzikálnych a chemických procesov na úrovni atómových a molekulárnych štruktúr. **1966**

Vo svete sa stavajú stále výkonnejšie urýchľovače. Do prevádzky bol uvedený napr. elektrónový synchrotrón na Cornell University (USA) s výkonom 12 GeV a protónový synchrotrón v Serpuchove (ZSSR) s výkonom 70 GeV. V Serpuchove bol vybudovaný aj lineárny urýchľovač s výkonom 100 MeV. Vďaka výkonným urýchľovačom sa rozšírilo poznanie jemnej štruktúry atómu. Počet objavených elementárnych častíc postupne rástol aj v 70. rokoch 20. storočia. **1967**

Vo Veľkej Británii bol vyrobený prototyp reaktora s ťažkovodným moderátorom a chladením obyčajnou vodou.

(1. 7.) Trojica štátov, ktorá pred piatimi rokmi podpísala dohodu PTBT o čiastočnom zákaze jadrových skúšok, podpísala zmluvu o nešírení jadrových zbraní. (Non Proliferation Treaty – NPT) Zmluva vstúpila do platnosti v marci 1970. Dovtedy ju podpísali aj Čína a Francúzsko, neskôr postupne skoro všetky štáty sveta s výnimkou Kuby, Indie, Pakistanu a Izraela. Zmluva ešte neobmedzovala výrobu nukleárnych zbraní, ani nevypracovala účinné kontrolné mechanizmy. **1968**

Prvýkrát boli zaregistrované pulsary. Neskôršie boli identifikované ako neutrónové hviezdy.

V SUJV Dubna experimentálne bola dokázaná existencia

ultrachladných neutrónov a boli overené ich vlastnosti, ktoré predpovedal v r. 1959 Zeldovič.

V Serpuchove boli objavené jadrá antihélie. **1969**

M. Gell-Mann a H. Fritzsche vytvorili teóriu tzv. kvantovej chromodynamiky, ktorá charakterizuje vlastnosti kvarkov.

**1970**

*Medzi vládami ČSSR a ZSSR bola uzatvorená zmluva o spolupráci pri výstavbe jadrových elektrární. V súlade aj so svetovými trendami sa v nej uvažovalo aj o výstavbe ľahkovodných reaktorov typu VVER.*

*Vláda ČSSR sa rozhodla o výstavbe dvoch atómových elektrární VVER 440 s reaktormi V 230, každá s výkonom 2 x 440 MW. Jedna z nich mala byť vybudovaná v Jaslovských Bohuniciach (V-1), druhá v Dukovanech na Morave (V-2).*

Firma Westinghouse a ďalšie spoločnosti v USA začali uvažovať o výstavbe systému plávajúcich jadrových elektrární. Projekt sa nikdy neuskutočnil pre zraniteľnosť takýchto zariadení v prípade vojnového ohrozenia. **1971**

*Začala sa výstavba komplexu Jadrovej elektrárne V-1 v Jaslovských Bohuniciach.* **1972**

*(24. 10.) Na reaktore KS 150 Jadrovej elektrárne A-1 Jaslovské Bohunice bola spustená prvá štípná reakcia.*

*(25.12 o 15:00h) Prvá československá jadrová elektráreň A-1 v Jaslovských Bohuniciach bola pripájaná k energetickej sieti.*

V Laboratóriu L. Livermora (USA) realizovali riadenú termojadrovú fúziu pomocou zariadenia, ktoré záblesk 12 výkonných laserov sústredilo na guľôčku veľkosti špendlíkovej hlavičky zo zmrazeného deutéria a trícia. **1973**

V meste Ševčenko (ZSSR) dali do prevádzky jadrovú elektráreň s reaktormi na rýchle neutróny. Súčasťou elektrárne bolo aj zariadenie, ktoré odsolovalo morskú vodu. Podobné typy reaktorov boli v rokoch 1973-1974 uvedené do prevádzky aj vo Francúzsku a vo Veľkej Británii.

G. N. Florov, vyslovil domnienku o existencii ostrova stability prvkov s atómovými číslami 110 – 126. **1974**

V štáte Idaho (USA) uviedli do prevádzky prototyp rýchleho množivého reaktora chladeného tekutým sodíkom.

V západonemeckej obci Biblis uviedli do prevádzky dovtedy najväčšiu jadrovú elektráreň s ľahkovodnými tlakovými reaktormi, ktorá pri plnom zaťažení mala výkon 1200 MW.

Sovietski vedci skonštruovali ďalšiu verziu zariadenia na plazmové pokusy, TOKAMAK 10. V laboratórnych podmienkach zariadenie udržalo pod kontrolou termonukleárnu syntézu asi pol sekundy. **1975**

V nemeckej jadrovej elektrárni Hamm-Schmehausen uviedli do prevádzky nový typ chladiacej veže, ktorý sa neskôr rozšíril. Chladiaci proces v nej prebiehal odparovaním na textilnej sieti a chladiaca voda nebola odvádzaná s vyššou teplotou späť do riek, odkiaľ bola získavaná. Znamenalo to výrazné zníženie tepelnej ekologickej záťaže.

V Sovietskom zväze vyskúšali technológiu hĺbenia rozmerných jám a kanálov, resp. iných rozsiahlych pozemných prác prostredníctvom podzemných jadrových explózií. Podobné experimenty robili v USA už od 60. rokov 20. storočia. Napriek obrovskej výkonnosti boli tieto experimenty zastavené pre zjavnú ekologickú škodlivosť.

Osobitne úspešný rok z hľadiska objavovania nových elementárnych častíc a ich stavov. Najviac výsledkov dosiahli na elektrónovom synchrotróne DESY v Hamburgu a v americkom výskumnom centre SLAC v Kalifornii. Podarilo sa identifikovať kvarky, z ktorých pozostávajú protóny. **1976**

Vo výskumnom centre CERN v Ženeve dokončili stavbu vtedy najvýkonnejšieho urýchľovača protónov na svete. Už v nasledujúcom roku dosiahli na ňom urýchľovaciu energiu 400 GeV. **1976**

*(5. 1.) Pri výmene palivového článku na Jadrovej elektrárni A-1 v Jaslovských Bohuniciach došlo k nehode, pri ktorej síce nedošlo k úniku rádioaktivity, ale elektrárneň bola vyradená z prevádzky na niekoľko mesiacov. Prevádzku obnovili až v septembri, ale niektoré problémy naďalej pretrvávali.*

V USA bola vyvinutá neutrónová bomba, ktorá pri minimálnej mechanickej a tepelnej deštrukcii vyvoláva predovšetkým neutrónové žiarenie, ktoré ničí prakticky všetky formy života. **1977**

*(22. 2.) Havária Jadrovej elektrárne A-1 v Jaslovských Bohuniciach, pri ktorej v dôsledku prehriatia sa vážne poškodil aj reaktor. Rádioaktívne produkty sa dostali do primárneho okruhu a pre netesnosť generátorov aj do niektorých častí sekundárneho okruhu. Radiačná hladina v areáli elektrárne aj v okolí však zostala pod úrovňou predpísaných limitov. Po úvahách o prípadnom obnovení prevádzky bola elektrárneň uvedená do pokojného stavu, lebo opravy by boli príliš nákladné a samotný typ elektrárne nevyhovoval zvýšeným bezpečnostným požiadavkám.*

*(23. 3.) V atómovej elektrárni Three Mile Island pri Harrisburgu v USA došlo k nukleárnej havárii s únikom rádioaktívnych izotopov do okolia a zamorením blízkej rieky rádioaktívnou vodou.* **1979**

V nemeckom výskumnom centre pre skúmanie ťažkých iónov v Darmstade objavili nový druh rádioaktívnej premeny, protónovú rádioaktivitu. Dochádza k nej pri ostreľovaní jadier ťažkých prvkov **1981**

protónmi urýchlenými na vysoké energie. Pri tejto premene sa uvoľní jeden protón a atómové číslo ostreľovaného prvku sa zníži o jednotku.

Na laserovom zariadení Laboratória L. Livermora uskutočnili riadenú **1982** termonukleárnu reakciu v trvaní 0,05 s.

Na protónovom urýchľovači CERN v Ženeve skúmajú zrážky protónov a antiprotónov pri veľmi vysokých energiách.

V klinickej praxi začali používať novú diagnostickú metódu – tomografiu s nukleárnou rezonanciou (počítačovú tomografiu), pri ktorej sa informácie získavajú z magnetických vlastností atómových jadier jednotlivých orgánov ľudského tela. Metóda nezaťažuje organizmus škodlivým žiarením ako napr. pri röntgenovej diagnostike.

C. Rubbia a S. van der Meer v európskom výskumnom centre CERN **1983** v Ženeve objavili dvojicu nových elementárnych častíc, bozónov typu W a Z. (Nobelova cena za fyziku, 1984)

V Culhame pri Londýne uviedli do skúšobnej prevádzky zariadenie JET (Joint European Torus) na výskum termonukleárnej fúzie, vtedy najväčšie tohto druhu na svete. Riešené bolo podľa princípu TOKAMAK-u, v ktorom plazma je vytváraná a skúmaná v elektromagnetickom poli v tvare toroidu s vonkajším priemerom asi 20 m, s prierezom prstenca asi 4 x 2,5 m.

V Spoločnosti pre výskum ťažkých iónov (CSI) v Darmstadte dosiahli **1984** viaceré úspechy v umelom vytváraní chemických prvkov z konca periodickej sústavy. V marci 1984 objavili prvok s atómovým číslom 108 a hmotnostným číslom 265, čím doplnili sériu superťažkých prvkov s atómovými číslami 107 a 109 objavených v tomto ústave v predchádzajúcich rokoch. K týmto experimentom bol v CSI vyvinutý urýchľovač ťažkých iónov UNILAC, pomocou ktorého sa zrodili aj ďalšie pozoruhodné výsledky v oblasti poznávania štruktúry hmoty.

(26. 4.) V jadrovej elektrárni Černobyl' na Ukrajine (vtedy ZSSR) sa **1986** stala najzávažnejšia jadrová havária v dejinách ľudstva. Na štvrtom bloku elektrárne došlo k neriadenému, asi 400- násobnému zvýšeniu výkonu, roztrhnutiu kanálov, následnému výbuchu vodíka a mimoriadne rozsiahlemu úniku rádioaktívnych látok. Zamorené bolo nielen bezprostredné okolie elektrárne, ale nadmerným dávkam žiarenia bolo vystavené v najbližších dňoch aj obyvateľstvo západných častí Sovietskeho zväzu, Škandinávie a oblastí aj na našom území. Vtedajšie sovietske orgány o havárii neskoro informovali, čo vyvolalo značný negatívny ohlas na celom svete a upozornilo na dôležitosť rádioenvironmentalistiky a medzinárodnej spolupráce v tejto oblasti.

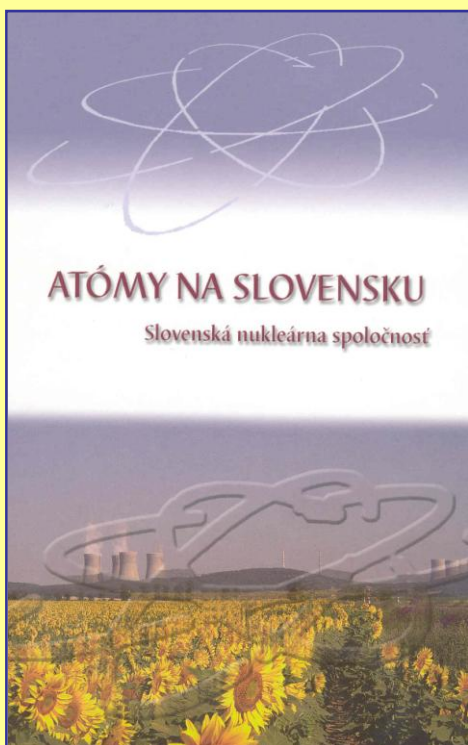
V talianskom pohorí Abruzzo v hĺbke 1200 m pod masívom Gran **1987** Sasso sa začala výstavba podzemného laboratória, ktoré v rámci medzinárodného taliansko-nemecko-francúzsko-izraelského projektu Gallex má skúmať emisiu neutrín vyžarovaných Slnkom. Prvé merania

v laboratóriu sa uskutočnili v júni 1990.

Vo francúzskom meste Preveession uviedli do prevádzky veľký **1989** elektrónovo-pozitrónový urýchľovač LEP patriaci CERN-u s urýchľovacím výkonom 100 GeV. Obvod prstenca urýchľovača je 26,7 km, samotný tunel s priemerom asi 4 m je v hĺbke asi 100 m pod zemou.

Založená Slovenská nukleárna spoločnosť
---

<b>1990</b>
-------------



Vydaná publikácia „Atómy na Slovensku“
--

<b>2006</b>
-------------



**Návrat z acrobat readera - X (zatvorením okna)**

---