Historie CERNu

Výzkum v oblasti jaderné fyziky a částicové fyziky byl a stále je nesmírně nákladný: stavba vysoce přesných (a tedy i drahých) urychlovačů a detektorů, kalibrace použitých přístrojů, vybavení, technologický vývoj nových zařízení, ... Bez vzájemné spolupráce by si tento výzkum mohly dovolit pouze nejbohatší státy. Proto už v roce 1949 (tedy krátce po druhé světové válce) navrhl francouzský fyzik Louis de Broglie (1892 - 1987) na Evropské kulturní konferenci v Lausanne ve Švýcarsku vytvoření společné evropské vědecké laboratoře. S podporou UNESCO založilo v roce 1952 jedenáct evropských států provizorní radu, *Conseil Européen pour la Recherche Neucléaire* (*Evropská rada pro jaderný výzkum*). Rada našla vhodné místo pro vybudování společného ústavu nedaleko Ženevy. Název CERN (vycházející ze zkratky názvu rady) se ale natolik vžil, že zůstal ústavu i nadále. A to i přes to, že 29. září 1954 vznikla *Evropská organizace pro jaderný výzkum* s dvanácti zakládajícími členskými státy: Belgie, Dánsko, Francie, Itálie, Jugoslávie, Německo (SRN), Nizozemí, Norsko, Řecko, Spojené království Velké Británie a Severního Irska, Švédsko a Švýcarsko.

Vědci ze států východního bloku se do CERNu dostávali jen velmi těžko. Naštěstí vznikl konkurenční ústav v Dubně v bývalém Sovětském svazu, kde mohli fyzikové ze států východního bloku pracovat. Tyto dva ústavy sice spolu spolupracovaly od svých založení, ale neomezená spolupráce pak mohla začít až od 90. let 20. století.

Dalším důvodem pro zřízení mezinárodní fyzikální laboratoře byla i jakási satisfakce fyziků pracujících v oblasti zkoumání atomového jádra. Chtěli ukázat, že i tato část fyziky může být využitelná pro mírové účely a ne jenom pro konstrukci jaderných bomb, které byly svrženy koncem druhé světové války (6. a 9. srpna 1945) v Japonsku.

CERN neměl nikdy nic společného s jadernou fyzikou jako takovou (jaderné reakce, jaderné reaktory, ...) Název je historický a pochází z doby, kdy mezi jadernou fyzikou a částicovou fyzikovou nebyl tak výrazný rozdíl.

Díky tomu, že se fyzikové v CERNu nezabývají studiem jaderných reakcí, nemá CERN příliš velké problémy se zabezpečením svého území a zaměstnanců a nehrozí akutní nebezpečí teroristických útoků. Pro teroristy je CERN bez jaderného paliva nezajímavý.

Ústav se začal rychle budovat. Dne 6. října 1955 byl pod dohledem švýcarského fyzika Felixe Bloha (1905 - 1983), prvního generálního ředitele CERNu, položen základní kámen. V roce 1957 je uveden do provozu první urychlovač: synchrocyklotron (se zkratkou *SC*), v němž lze částice urychlit na energie 600 MeV. Ten se od roku 1964 zaměřuje výhradně na jadernou fyziku, ostatní částice zkoumá novější a výkonnější protonový synchrotron (PS). Ten byl uveden do provozu v 24. 11. 1959 a byl schopen částice urychlit na energie 28 GeV. S menšími úpravami pak pracuje až do roku 1990.

Jako detektory částic se v té době většinou používaly mlžné komory a ionizační komory. V šedesátých letech (20. století) bylo pořízeno velké množství fotografií z těchto komor, které se zpracovávaly ručně. To byla velmi zdlouhavá, nepřesná a nevhodná metoda zkoumání částic. Posun vpřed znamenal rozvoj tranzistorů a zejména objev tranzistorového jevu. Na základě toho v roce 1968 zdokonalil francouzský fyzik polského původu Georges Charpak (narozen v roce 1924) drátovou komoru.

Dne 27. ledna 1971 začal v CERNu pracovat první proton - protonový collider na světě: *Intersecting Storage Rings* (ISR). Urychlovač se začal stavět v roce 1965 poté, co byla podepsána dohoda s Francií o rozšíření střediska i na francouzské území. Průměr jeho prstence byl 300 m, což z hlediska současných standardů není mnoho, ale na tehdejší dobu to byl úspěch. V průběhu příprav

a stavby byly vyvinuty nové metody na vytvoření vysokého vakua v trubici prstence a na jeho kontrolu, další metody se zabývaly možností detekovat srážky částic a zpracovávat data z těchto experimentů.

V oblasti jaderné fyziky a částicové fyziky (stejně jako např. v oblasti výpočetní techniky) se často používají anglické termíny nebo počeštěné anglické termíny. Typicky je problém se slovem *collider*. Česky by bylo možné tento termín přeložit jako *srážeč* nebo *srážkovač*. Ani jeden z těchto překladů se mezi českými fyziky příliš nepoužívá, proto i v tomto textu bude nadále používán termín *collider*.

Zatímco ostatní laboratoře, které se budovaly ve světě, se zabývaly výzkumem vlastností elektronů, CERN pracoval s protony. Hlavní ideou bylo využít již hotový protonový synchrotron. Tím by vědci z CERNu získali dva intenzivní svazky protonů, které by mohly být navedeny ke společné srážce. Uvedením ISR do provozu získal CERN světovou proslulost a prestiž.

V roce 1973 byly na detektoru Gargamelle pozorovny slabé proudy potvrzující teorii elektroslabého sjednocení sil, na které pracovali americký fyzik Sheldon Glashow (narozen 1932), pakistánský fyzik Abdus Salam (1926 - 1996) a americký fyzik Steven Weinberg (narozen 1933) a za kterou získali v roce 1979 Nobelovu cenu za fyziku. Objev částic přenášejících slabou interakci byl učiněn též v CERNu ale až v roce 1983.

V roce 1976 začíná pracovat urychlovač *Super Proton Synchrotron* (SPS), který má obvod 7 km a v té době se jde o největší urychlovač v CERNu. Současně je to první urychlovač, jehož tunel prochází přes hranici mezi Švýcarskem a Francií. Urychlovač začal pracovat na energiích 300 GeV a postupně jí zvýšil až na 450 GeV. Hlavními experimenty, které na SPS probíhaly, bylo hledání vnitřní struktury protonů, hledání rozdílů mezi hmotou a antihmotou v přírodě, pátrání po vysvětlení, proč ve vesmíru převažuje hmota nad antihmotou, a hledání dalších (exotických) forem hmoty.

V roce 1983 byly na SPS objeveny bosony W a Z, které zprostředkovávají slabou interakci. Objev, který přinesl později Nobelovu cenu, učinila skupina, kterou vedl italský fyzik Carlo Rubbia (narozen v roce 1934) a holandský fyzik Simon van der Meer (narozen v roce 1925).

V roce 1986 se začínají na urychlovači SPS urychlovat i těžké ionty. Do té doby se urychlovaly pouze částice (protony a neutrony). Důvodem této změny je prokázat existenci tzv. kvark - gluonové plazmy, která měla vyplňovat vesmír krátce po Velkém třesku. To bylo v době, kdy byl vesmír velmi horký a hustý a proto běžné částice nemohly existovat.

V srpnu 1989 začíná pracovat *Large Electron - Positron collider* (LEP), který se stal se svým 27 km dlouhým kruhovým tunelem největší civilní stavbou v Evropě. Urychlovače, detektory i prstenec urychlovače jsou v tunelu v hloubce 100 metrů pod zemí. Rada CERNu schválila jeho stavbu v roce 1981.

Do pondělí 14. listopadu 1994 to byla skutečně největší civilní stavba tohoto druhu v Evropě. Ten den byl uveden do provozu tunel pod kanálem La Manche spojující Velkou Británii s Francií, který má délku 49354 metrů.

Sedm let pracoval LEP s energiemi částic 100 GeV a poté byla tato energie zdvojnásobena. Proto bylo do okruhu prstence přidáno 288 supravodivých urychlujících dutin. Během 11ti let provozu jeho detektory proletěly miliony částic a bylo provedeno velké množství experimentů. Mezi hlavní objevy patří prokázání existence tří (právě tří) generací částic (rodin částic). Zároveň se podařilo dokázat, že existují tři druhy neutrin: elektronové neutrino, tauonové neutrino a mionové neutrino.

Dne 2. listopadu 2000 byl jeho provoz zastaven. Tunel, který využívaly urychlovače a detektory LEP, bude použit při stavbě urychlovače LHC.

V roce 1989 CERNský vědec, anglický matematik Tim Berners-Lee navrhl vyvinout distribuovaný

hypertextový informační systém pro laboratoře CERNu. „Vágní, ale vzrušující!“ komentoval návrh jeho šéf a těmito slovy odstartoval informační revoluci. Koncipovaný a rozvinutý návrh na sdílení informací mezi vědci celého světa se setkal s úspěchem. Během Vánoc roku 1990 Berners-Lee definoval základy Webu (URL, http a html) a napsal první webový prohlížeč a základní software pro první server. Web byl na světě.

V roce 1991 byl první primitivní Web uvolněn pro používání částicovými fyziky. Pomalu ale jistě začal Web pronikat do akademického světa včetně universit a vědeckých laboratoří. První webový server v USA byl připojen do sítě v prosinci 1991 na *Stanford Linear Accelerator Center* (SLAC) v Kalifornii. V roce 1993 uvolnil *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA) na universitě v Illinois jejich prohlížeč, který bylo možné velmi snadno nainstalovat a spustit na běžných počítačích i na počítačích typu Macintosh. Stálé stránky Web brzo zaplavily svět. Rok 1994 se proto stal *Rokem Webu*. První mezinárodní konference o World-Wide Web se konala v květnu tohoto roku v CERNu a byla nazvána *Woodstock Webu*. Koncem roku 1994 bylo k webu připojeno přes 10000 serverů, z nichž 2000 bylo komerčních, a zhruba 10 milionů uživatelů. CERN vydal prohlášení dávající Web veřejnému použití a udělal z Webu otevřený standard. Berners-Lee se přesunul na Massachusetts Institute of Technology (MIT), odkud řídí *World Wide Web Consortium* (W3C).

Rok 1993 přinesl přesný výsledek měření symetrie mezi hmotou a antihmotou. Ačkoliv při velkém třesku vzniklo hmoty a antihmoty stejně, náš svět je složen výhradně z hmoty. Vědci neustále pátrali proč. Hledání antihmoty ve velkých nadmořských výškách a v kosmu nepřineslo žádné výsledky. Ale studium rozpadu částic hmoty a antihmoty přineslo malé rozdíly ve způsobu rozpadu hmoty a antihmoty; tento fyzikální jev se nazývá narušení CP symetrie.

Ačkoliv nebylo mnoho důvodů pro zdánlivou nerovnováhu mezi hmotou a antihmotou ve vesmíru, pozorování ukázala první náznak, že příroda skutečně preferuje jistý druh interakce mezi částicemi. V roce 1993 byly publikovány první přesné výsledky z experimentu NA31 v CERNu o spontánní narušení CP symetrie, které jasně naznačují směr dalšího fyzikálního bádání. Tato měření byla později dále zpřesněna při experimentu NA48 a publikována v roce 2001. Asymetrie mezi hmotou a antihmotou zůstává nadále v centru zájmu fyziků. Ti očekávají, že přesné měření přinese detektor LHCb zkonstruovaný v rámci LHC.

V září roku 1995 tým, který vedl Walter Oelert, vytvořil jako první v CERNu (na urychlovači *Low Energy Antiproton Ring* - LEAR) atomy antivodíku. Devět z těchto atomů bylo vytvořeno při srážkách antipronů s atomy xenonu během tří týdnů! Každý z nich byl stabilní po dobu zhruba 40 ns, pohybovaly se rychlostí blízkou velikosti rychlosti světla ve vakuu, urazili vzdálenost zhruba 10 metrů a pak anihilovali s běžnou hmotou. Při anihilaci bylo vyzářeno elektromagnetické záření, které ukázalo, že antiatomy byly skutečně vyrobeny.

Antičástice neanihilují s částicemi okamžitě - anihilace nastává až tehdy, když jsou částice vůči antičásticím v klidu. Tohoto jevu se tak využívá v praxi - např. při léčení rakoviny.

To bylo poprvé, kdy byl z částic antihmoty sestaven celý antiatom, a byl to začátek dalšího detailnějšího proměřování vlastností antivodíku. Atom vodíku je pro své jednoduché složení jeden z nejvíce probádaných systémů ve fyzice. Srovnání s atomem antivodíku přináší možnost pochopit asymetrii mezi hmotou a antihmotou ve vesmíru.

V roce 2000 poskytují experimenty přesvědčivé signály existence nového stavu hmoty: kvark - gluonové plazmy. Tento stav hmoty je 20krát hustší než obvyklá hmota složná z hadronů a kvarky se v něm uvolňují z vazeb v nukleonech a volně se pohybují. Tento stav hmoty existoval ve vesmíru několik mikrosekund po Velkém Třesku, před tím, než se začaly vytvářet hmotné částice.

V roce 2002 dva CERNské experimenty (ATHENA a ATRAP) udělaly důležitý krok k pochopení vytváření a zachytávání tisíců atomů antihmoty ve „studeném“ stavu. „Studený“ stav znamená, že se atomy pohybují pomalu a mohou tedy existovat dostatečně dlouhou dobu, než potkají částice hmoty a anihilují s nimi. Studené atomy antivodíku budou novým nástroj pro další studium v různých

vědeckých oblastech. Stěžejní přitom bude srovnání interakce hmoty a antihmoty (tedy vodíku a antivodíku) s elektromagnetickým polem a gravitačním polem. Sebemenší rozdíl mezi chováním hmoty a antihmoty by znamenal vážné důsledky pro naše chápání přírody.

Rok 2004 byl věnován oslavám padesátého výročí založení CERNu. Oslavy vrcholily 19. října, kdy byl slavnostně otevřen Globe, který svými rozměry (27 metrů vysoký a 40 metrů v průměru) připomíná katedrálu Svatého Petra v Římě. Globe, který CERNu darovala Švýcarská konfederace, byl původně určen pro Švýcarskou národní výstavu v roce 2002, kde fungoval jako pavilon udržitelného rozvoje. Globe se stal součástí CERNu jako místo pro návštěvníky a pro pořádání různých konferencí.

V roce 2008 začal pracovat *Large Hadron Collider* (LHC), jehož realizace byla schválena v roce 1994.

Velké projekty v CERNu je nutné připravovat s předstihem. Proto byl nový urychlovač schválen už v době, kdy byl jeho předchůdce (LEP) v plném provozu. V době, kdy se začíná rozbíhat nový urychlovač, se už plánuje jeho následník.

Dne 10. září 2008 v 10:28 dopoledne byl poprvé otestován prstenec LHC - byly do něj poprvé puštěny částice (protony) a vědci testovali, zda částice proletí celým prstencem. Ačkoliv dopadl experiment úspěšně, nelehká práce vědeckého týmu v CERNu tímto dnem neskončila.

Spuštěním LHC se otevřela nová kapitola v experimentech vysokých energií. Experimenty na LHC by měly zodpovědět co způsobuje hmotnost částice (tj. nalézt teoreticky předpovězený Higgsův boson), z čeho je 99 % temné hmoty a temné energie ve vesmíru, proč příroda upřednostňuje hmotu před antihmotou a jak se vyvíjela hmota v prvních okamžicích existence vesmíru.

Krátce po uvedení do provozu se ovšem přihodila nehoda a z chladících okruhů urychlovače uniklo helium Na závadě se začalo intenzivně pracovat, ovšem opravy nebylo možné urychlit (pomalé ohřívání systému na pokojovou teplotu, oprava, následné pomalé ochlazování, ...), a tak byl urychlovač uveden do provozu znovu až 20. listopadu 2009.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.