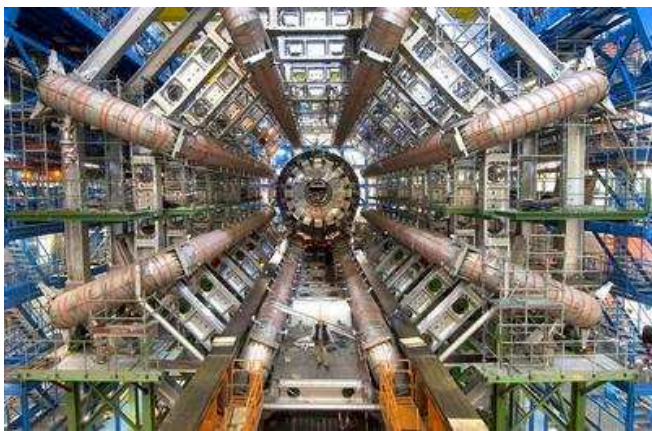


CERN

The **European Organization for Nuclear Research** is a European research organization whose purpose is to operate the world's largest particle physics laboratory. Established in 1954, the organization is based in the northwest suburbs of Geneva on the Franco-Swiss border.

The term CERN is also used to refer to the laboratory, which in 2013 counted 2513 staff members, and hosted some 12,313 fellows, associates, apprentices as well as visiting scientists and engineers representing 608 universities and research facilities and 113 nationalities.

CERN's main function is to provide **the particle accelerators** and other infrastructure needed for high-energy physics research - as a result, numerous experiments have been constructed at CERN following international collaborations. It is also the birthplace of the **World Wide Web**. The main site at **Meyrin** has a large computer centre containing powerful data processing facilities, primarily for experimental-data analysis; because of the need to make these facilities available to researchers elsewhere, it has historically been a major wide area networking hub.



Large Hadron Collider

Most of the activities at CERN are currently directed towards operating the new Large Hadron Collider (LHC), and the experiments for it. The LHC represents a large-scale, worldwide scientific cooperation project.

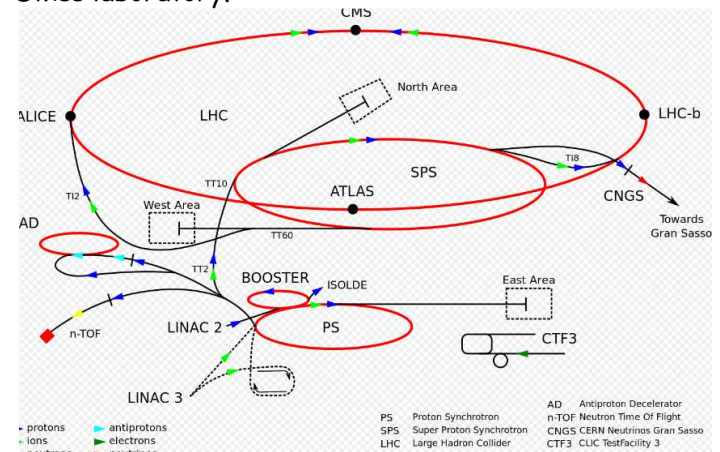
The LHC tunnel is located 100 metres underground, in the region between the Geneva International Airport and the nearby Jura mountains. It uses the 27 km circumference circular tunnel previously occupied by LEP which was closed down in November 2000. CERN's existing PS/SPS accelerator complexes will be used to pre-accelerate protons which will then be injected into the LHC.

Seven experiments (CMS, ATLAS, LHCb, MoEDAL, TOTEM, LHC-forward and ALICE) will run on the collider; each of them will study particle collisions from a different point of view, and with different technologies. Construction for these experiments required an extraordinary engineering effort. Just as an example, a special crane had to be rented from Belgium in order to lower pieces of the CMS detector into its underground cavern, since each piece weighed nearly 2,000 tons. The first of the approximately 5,000 magnets necessary for construction was lowered down a special shaft at 13:00 GMT on 7 March 2005.

This accelerator has begun to generate vast quantities of data, which CERN streams to laboratories around the world for distributed processing (making use of a specialized grid infrastructure, the LHC Computing Grid). In April 2005, a trial successfully streamed 600 MB/s to seven different sites across the world. If all the data generated by the LHC is to be analysed, then scientists must achieve 1,800 MB/s before 2008.

The initial particle beams were injected into the LHC August 2008. The first attempt to circulate a beam through the entire LHC was at 8:28 GMT on 10 September 2008, but the system failed because of a faulty magnet connection, and it was stopped for repairs on 19 September 2008.

The LHC resumed operation on Friday 20 November 2009 by successfully circulating two beams, each with an energy of 3.5 trillion electron volts. The challenge that the engineers then faced was to try to line up the two beams so that they smashed into each other. This is like "firing two needles across the Atlantic and getting them to hit each other" according to the LHC's main engineer Steve Myers, director for accelerators and technology at the Swiss laboratory.



At 1200 BST on Tuesday 30 March 2010 the LHC successfully smashed two **proton particle beams travelling with 3.5 TeV** (trillion electron volts) of energy, resulting in a 7 TeV event. However, this was just the start of the road toward the expected discovery of the **Higgs boson**. When the 7 TeV experimental period ended, the LHC revved up to 8 TeV (4 TeV acceleration in both directions) in March 2012, and soon began particle collisions at that rate. In early 2013 the LHC was shut down for a two-year maintenance period, to strengthen the huge magnets inside the accelerator. Eventually it will attempt to create 14 TeV events. In July 2012, CERN scientists announced the discovery of a new sub-atomic particle that could be the much sought after Higgs boson believed to be essential for formation of the Universe. In March 2013, CERN announced that the measurements performed on the newly found particle allowed to conclude that this is a Higgs boson.

A teď chvíli česky: Význam studia částic

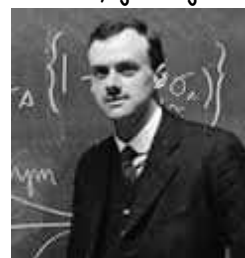
Všechno ve vesmíru je vytvořeno z částic, včetně nás samotných. Díky zdejší práci i jiných laboratoří ve světě zabývajících se částicovou fyzikou nyní víme, že k tomu, abychom vysvětlili složení obyčejné hmoty, potřebujeme pouhé čtyři druhy částic - stavebních kamenů. Tyto částice se nazývají **kvark u, kvark d, elektron a elektronové neutrino**. Země a všechno na ní, planety i Slunce a všechny hvězdy na obloze jsou podle všeho vytvořeny ze stejných čtyř základních součástí. Je to jako stavebnice. Z kvarků u a d se skládají protony a neutrony, které společně vytvářejí atomová jádra. Jádra spolu s elektrony v obalech tvoří atomy, které se dále různě spojují a vytvářejí složitější objekty. Čtvrtým členem rodiny je elektronové neutrino, které interaguje s ostatní hmotou tak slabě, že je dokážeme jen stěží pozorovat.

Základní částice hmoty představují jen polovinu celého příběhu. Na to, aby držely pohromadě, je třeba něco dalšího. „Lepidlo“ má podobu sil, které jsou samy tvořeny částicemi. Částice tvořící sílu se však velmi liší od částic hmoty. Jejich hlavním úkolem je přenášet interakce od jedné částice hmoty ke druhé. **Gravitace**, nejznámější síla, je ze všech nejslabší. Částice, o které se domníváme, že je jejím nosičem, **graviton**, nebyla v roce 2009 objevena. Na opačném konci měřítka síly je **silná interakce**, jejímž nositelem jsou gluony, které drží pohromadě kvarky a vytvářejí tak protony a neutrony v atomovém jádře. Silná interakce má kuriózní vlastnost: Čím jsou kvarky dále od sebe, tím je působení síly mezi nimi větší. To znamená, že kvarky jsou uvězněny uvnitř protonů či neutronů. Mezi oběma krajními póly co do intenzity se

nacházejí další dva typy interakcí: elektromagnetická s nosiči fotony a slabá, jejímiž nosiči jsou částice W a Z. **Elektromagnetická interakce** udržuje elektrony na orbitách okolo jádra a drží pohromadě atomy v chemických či biochemických molekulách. **Slabá interakce** pomáhá hvězdám svítit a je také příčinou jednoho z typů radioaktivity (radioaktivity beta). Tyto dvě interakce jsou nyní vysvětlovány pomocí jedné společné teorie, nazývané elektroslabá teorie. To představuje důležitý krok na cestě, která vede k jednomu z hlavních cílů současné fyziky: Najít jednotnou teorii popisující všechny síly v přírodě.

Jednou z nejpřekvapivějších věcí v moderní částicové fyzice je existence **dalších dvou rodin** částic hmoty. Každá z nich je podobná čtveřici kvark u, kvark d, elektron a elektronové neutrino, až na to, že jsou těžší. Přirozeným způsobem se vyskytují jedině na exotických místech, jako jsou horká centra hvězd, ale jsou také produkovány na urychlovačích v CERN a podobných laboratořích.

Sbíрку částic v přírodě doplňuje antihmota, něco jako „zrcadlový obraz“ obyčejné hmoty. Antihmotu předpověděl v roce 1928 **britský fyzik Paul Dirac**. Brzo poté Američan **Carl David Anderson** antihmotu skutečně objevil ve

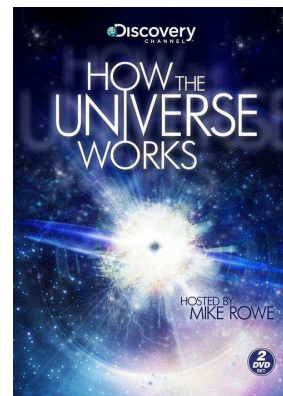


srážkách vysokoenergetických částic kosmického záření. Volná antihmota dnes ve vesmíru neexistuje. Těsně po velkém třesku, kdy vesmír vznikl, hmoty a antihmoty existovaly v rovnováze, tedy že bylo stejně antihmoty, jako hmoty.



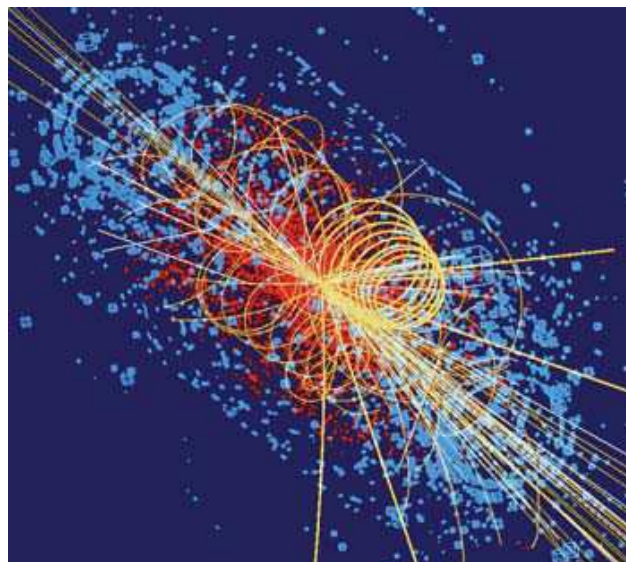
Teorie popisu částic hmoty a částic - nosičů síly se nazývá standardní model.

Ačkoli už po více než 20 let úspěšně prochází všemi experimentálními testy, není standardní model úplným popisem přírody. Fyzikové v CERN přispívají svou prací k vytvoření dokonalejší představy, **jak vesmír funguje**.



Standardní model

Three generations of matter			Bosons (forces)
	I	II	III
Mass →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV
Charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
Spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Name →	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e electron neutrino	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrino
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau
Leptons			
			0 0 1 γ photon electromagnetic force
			0 0 1 g gluon strong force
			91.2 GeV 0 1 Z weak force
			80.4 GeV ± 1 1 W[±] weak force



srážka protonových svazků

zanechává stále příliš mnoho nezodpovězených otázek, aby mohl být konečnou teorií částic a sil. Proč mají částice hmotnost? Jsou různé síly v přírodě jenom jiným pohledem na stejnou věc? Skutečně není ve vesmíru žádná antihmota? To standardní model neříká. Nový urychlovač LHC umožní pustit se do hledání odpovědí na tyto a podobné důležité otázky. Výstavba LHC byla započata v roce 2005 a připravovaný program svádí dohromady tisíce vědců z celého světa. Uveden do provozu byl v roce 2009. Pro udržení protonových svazků na dráze v LHC byl vyvinut nový silný supravodivý magnet. Na vývoji detektorů, které budou studovat srážky na LHC a které jsou větší a komplexnější než kdykoli předtím, se už pracuje. I týmy spolupracujících fyziků, kteří tyto detektory konstruují, jsou největší, jaké kdy částicová fyzika poznala. Na tomto projektu spolupracuje více než 4400 vědců z celého světa. Když v 50. letech CERN vznikl, vytvořil se tím standard pro evropskou spolupráci ve vědě. S LHC se CERN stává první skutečně komplexní světovou laboratoří.

JAK VESMÍR FUNGUJE?

$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{GWS} = & \sum_f (\bar{\Psi}_f (i\gamma^\mu \partial_\mu - m_f) \Psi_f - e Q_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu \Psi_f A_\mu) + \\
 & + \frac{g}{\sqrt{2}} \sum_i (\bar{a}_L^i \gamma^\mu b_L^i W_\mu^+ + \bar{b}_L^i \gamma^\mu a_L^i W_\mu^-) + \frac{g}{2c_w} \sum_f \bar{\Psi}_f \gamma^\mu (I_f^3 - 2s_w^2 Q_f - I_f^3 \gamma_5) \Psi_f Z_\mu + \\
 & - \frac{1}{4} |\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu - ie(W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 - \frac{1}{2} |\partial_\mu W_\nu^+ - \partial_\nu W_\mu^+ + \\
 & - ie(W_\mu^+ A_\nu - W_\nu^+ A_\mu) + ig' c_w (W_\mu^+ Z_\nu - W_\nu^+ Z_\mu)|^2 + \\
 & - \frac{1}{4} |\partial_\mu Z_\nu - \partial_\nu Z_\mu + ig' c_w (W_\mu^- W_\nu^+ - W_\mu^+ W_\nu^-)|^2 + \\
 & - \frac{1}{2} M_\eta^2 \eta^2 - \frac{g M_\eta^2}{8 M_W} \eta^3 - \frac{g'^2 M_\eta^2}{32 M_W} \eta^4 + |M_W W_\mu^+ + \frac{g}{2} \eta W_\mu^+|^2 + \\
 & + \frac{1}{2} |\partial_\mu \eta + i M_Z Z_\mu + \frac{ig}{2c_w} \eta Z_\mu|^2 - \sum_f \frac{g}{2} \frac{m_f}{M_W} \bar{\Psi}_f \Psi_f \eta
 \end{aligned}$$

[illegible]

EXKURZE FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉHO SEMINÁŘE

do CERNu 5.11.2014



A large, dome-shaped building with a facade made of horizontal wooden slats. The building is covered in a grid of slats, with some sections missing, revealing the interior structure. In the foreground, there is a large, circular sculpture made of metal, featuring a stylized 'O' or 'Q' shape. The building is surrounded by greenery and a paved area.

**Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a
státního rozpočtu ČR**