Európska organizácia pre jadrový výskum

**Európska organizácia pre jadrový výskum** alebo **Európska organizácia jadrového výskumu** (angl. *European Organization for Nuclear Research*, fr.*Organisation européenne pour la recherche nucléaire*) alebo **CERN**[[1]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#endnote_1) je európska organizácia pre základný a aplikovaný výskum najmä v oblasti časticovej fyziky.

Známa je najmä tým, že vlastní **Európske laboratórium pre časticovú fyziku/Európske laboratórium časticovej fyziky** (angl. *European Laboratory for Particle Physics*, fr. *Laboratoire européen pour la physique des particules*), ktoré je najväčším laboratóriom časticovej fyziky na svete a predstavuje špičku v oblasti výskumu najjemnejšej štruktúry hmoty.

Nachádza sa v švajčiarskom meste [Meyrin](https://sk.wikipedia.org/wiki/Meyrin" \o "Meyrin) na [švajčiarsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0vaj%C4%8Diarsko)-[francúzskej](https://sk.wikipedia.org/wiki/Franc%C3%BAzsko) hranici, severozápadne od mesta [Ženeva](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%BDeneva). CERN vznikla [29. septembra](https://sk.wikipedia.org/wiki/29._september) [1954](https://sk.wikipedia.org/wiki/1954) dohodou dvanástich členských štátov. Dnes ich má CERN 20. Hlavnou funkciou CERN je prevádzka časticových urýchľovačov a ďalšej infraštruktúry potrebnej pre výskum v oblasti fyziky vysokých energií. CERN je známa aj ako miesto vzniku siete [World Wide Web](https://sk.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web" \o "World Wide Web).

Slovensko je členským štátom od roku 1993, predtým krátko (v roku 1992) ako ČSFR. Ministerstvo školstva je odborným garantom členstva SR v CERN a vykonáva koordináciu a zabezpečovanie účasti slovenských pracovísk.

**Obsah**

  [skryť]

* [1Členské štáty](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#.C4.8Clensk.C3.A9_.C5.A1t.C3.A1ty)
* [2Poznámky](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#Pozn.C3.A1mky)
* [3Pozri aj](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#Pozri_aj)
* [4Iné projekty](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#In.C3.A9_projekty)
* [5Externé odkazy](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#Extern.C3.A9_odkazy)

Členské štáty[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum&veaction=edit&section=1) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum&action=edit&section=1)]

Zakladajúcimi členmi boli [Belgicko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Belgicko), [Dánsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/D%C3%A1nsko), [Francúzsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Franc%C3%BAzsko), [Taliansko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Taliansko), [Juhoslávia](https://sk.wikipedia.org/wiki/Juhosl%C3%A1via) (do 1961), [Nemecko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Nemecko), [Holandsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Holandsko), [Nórsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/N%C3%B3rsko" \o "Nórsko),[Grécko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A9cko), [Spojené kráľovstvo](https://sk.wikipedia.org/wiki/Spojen%C3%A9_kr%C3%A1%C4%BEovstvo), [Švédsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0v%C3%A9dsko) a [Švajčiarsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0vaj%C4%8Diarsko).

Nasledovali ďalšie štáty: [Rakúsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Rak%C3%BAsko) (1959), [Španielsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0panielsko) (1961-1968 a od 1983), [Portugalsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Portugalsko) (1986), [Fínsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADnsko) (1991), [Poľsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Po%C4%BEsko)(1991), [Maďarsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ma%C4%8Farsko) (1992), [Česko](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesko) (1993), [Slovensko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Slovensko) (1993), [Bulharsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Bulharsko) (1999) a [Izrael](https://sk.wikipedia.org/wiki/Izrael) (2013).

Status pozorovateľa majú: [Turecko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Turecko) (1961), [Rusko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Rusko) (1993), [Japonsko](https://sk.wikipedia.org/wiki/Japonsko) (1995), [USA](https://sk.wikipedia.org/wiki/Spojen%C3%A9_%C5%A1t%C3%A1ty_americk%C3%A9) (1997), [India](https://sk.wikipedia.org/wiki/India) (2002) a z medzinárodných organizácií tiež [EU](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_%C3%BAnia) a [UNESCO](https://sk.wikipedia.org/wiki/UNESCO).

Poznámky[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum&veaction=edit&section=2) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum&action=edit&section=2)]

1. [**^**](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pska_organiz%C3%A1cia_pre_jadrov%C3%BD_v%C3%BDskum#ref_1)  CERN je skratka z *Conseil européen pour la recherche nucléaire* – „Európska rada pre jadrový výskum“, čo bol dočasný orgán utvorený v roku 1952 s cieľom vytvoriť európsku organizáciu jadrového výskumu. Keď táto organizácia v roku 1954 napokon vznikla, skratka CERN bola ponechaná ako jej (alternatívny) názov.

Základný prehľad[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Zoznam_element%C3%A1rnych_%C4%8Dast%C3%ADc&veaction=edit&section=1) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Zoznam_element%C3%A1rnych_%C4%8Dast%C3%ADc&action=edit&section=1)]

[Subatómové častice](https://sk.wikipedia.org/wiki/Subat%C3%B3mov%C3%A1_%C4%8Dastica) (iný názov: elementárne častice v širšom zmysle):

* [fundamentálne častice](https://sk.wikipedia.org/wiki/Fundament%C3%A1lna_%C4%8Dastica) (iné názvy: „najelementárnejšie častice“, elementárne častice v užšom zmysle):
  + [kvarky](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark) (kombinácie šiestich vôní, troch farieb a antikvarkov vytvárajú 36 rôznych kvarkov)
  + [leptóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Lept%C3%B3n) ([elektrón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3n), [tauón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Tau%C3%B3n" \o "Tauón), [mión](https://sk.wikipedia.org/wiki/Mi%C3%B3n" \o "Mión), elektrónové, miónové a tauónové [neutríno](https://sk.wikipedia.org/wiki/Neutr%C3%ADno" \o "Neutríno))
  + [kalibračné bozóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kalibra%C4%8Dn%C3%BD_boz%C3%B3n) ([fotón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Fot%C3%B3n), [bozóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Boz%C3%B3n" \o "Bozón) W a Z, [gluón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Glu%C3%B3n" \o "Gluón), [hypotetický] gravitón)
  + [Higgsov bozón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_boz%C3%B3n) (hypotetický)
* [hadróny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n) (iný názov: zložené elementárne častice):
  + [mezóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Mez%C3%B3n) - kombinácie kvarku a antikvarku ([pión](https://sk.wikipedia.org/wiki/Pi%C3%B3n" \o "Pión), [kaón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ka%C3%B3n" \o "Kaón), ...)
  + [baryóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Bary%C3%B3n) - kombinácie troch kvarkov ([nukleóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Nukle%C3%B3n) [ [protón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n), [neutrón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Neutr%C3%B3n) ], [hyperóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hyper%C3%B3n" \o "Hyperón) [lambda, sigma…])

Po zohľadnení antihmoty sú elementárnymi (subatomárnymi) časticami aj ekvivalentné [antičastice](https://sk.wikipedia.org/wiki/Anti%C4%8Dastica), teda [antikvarky](https://sk.wikipedia.org/wiki/Antikvark" \o "Antikvark),[antileptóny](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Antilept%C3%B3n&action=edit&redlink=1) a pod.

**Fundamentálna častica** alebo **elementárna častica v užšom zmysle** je vo [fyzike elementárnych častíc](https://sk.wikipedia.org/wiki/Fyzika_element%C3%A1rnych_%C4%8Dast%C3%ADc) taká [subatómová častica](https://sk.wikipedia.org/wiki/Subat%C3%B3mov%C3%A1_%C4%8Dastica" \o "Subatómová častica), ktorú už nie je možné ďalej deliť. Z fundamentálnych častíc sa skladajú všetky ostatné častice v celej prírode (vesmíre). Sú to teda najmenšie možné elementárne častice.

**Kvarky** sú podľa štandardného modelu časticovej fyziky elementárne častice, z ktorých sa skladajú [hadróny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n" \o "Hadrón) (teda napríklad [protóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n) a [neutróny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Neutr%C3%B3n)).

**Leptón** je častica, na ktorú nepôsobí silná [jadrová sila](https://sk.wikipedia.org/wiki/Jadrov%C3%A1_sila). Meno *leptón* pochádza z gréčtiny a znamená ľahký. Avšak po zavedení tohto pojmu bol objavený [tauón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Tau%C3%B3n" \o "Tauón), ktorý je takmer dvakrát tak ťažký ako [protón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n).

Výmenná častica

(Presmerované z [Kalibračný bozón](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Kalibra%C4%8Dn%C3%BD_boz%C3%B3n&redirect=no))

**Výmenná častica** (iné názvy: **výmenný bozón, kalibračný bozón, častica poľa**) je (podľa tzv. [štandardného modelu](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tandardn%C3%BD_model)) istý druh častice, ktorá „tvorí“ (teda prenáša) interakcie medzi časticami.

Delia sa podľa prenášanej interakcie na:

* 8 [gluónov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Glu%C3%B3n" \o "Gluón), ktoré prenášajú [silnú interakciu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Siln%C3%A1_interakcia_hmotn%C3%BDch_objektov) (jadrová sila)
* [fotón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Fot%C3%B3n), ktorý prenáša [elektromagnetickú interakciu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A1_interakcia) (elektromagnetická sila)
* 2 [bozóny W](https://sk.wikipedia.org/wiki/Boz%C3%B3n_W" \o "Bozón W) a 1 [bozón Z](https://sk.wikipedia.org/wiki/Boz%C3%B3n_Z" \o "Bozón Z), ktoré prenášajú [slabú interakciu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Slab%C3%A1_interakcia_hmotn%C3%BDch_objektov) (rádioaktivita)
* [gravitón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Gravit%C3%B3n) (len hypotetický), ktorý prenáša [gravitačnú silu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Gravita%C4%8Dn%C3%A1_sila)

**Higgsov bozón** alebo **Higgsova častica** (v médiách ľudovo **božská častica** či **Božia častica**) je hmotná [skalárna](https://sk.wikipedia.org/wiki/Skal%C3%A1r" \o "Skalár)[elementárna častica](https://sk.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rna_%C4%8Dastica) vystupujúca zásadným spôsobom v opise [Higgsovho mechanizmu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_mechanizmus" \o "Higgsov mechanizmus), ktorý je integrálnou súčasťou[štandardného modelu častíc](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tandardn%C3%BD_model). Higgsov mechanizmus teoreticky opisuje spôsob, akým [elementárne častice](https://sk.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rna_%C4%8Dastica) nadobúdajú[hmotnosť](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hmotnos%C5%A5). Jeho hlavnou prednosťou je teoretické vysvetlenie rozdielu v hmotností medzi nehmotným [fotónom](https://sk.wikipedia.org/wiki/Fot%C3%B3n) a veľmi hmotnými [bozónmi W a Z](https://sk.wikipedia.org/wiki/Boz%C3%B3n_W_a_Z" \o "Bozón W a Z). Štandardný model častíc predpovedá nulový [spin](https://sk.wikipedia.org/wiki/Spin_(fyzika)" \o "Spin (fyzika)) Higgsovho bozónu. Naopak hmotnosť Higgsovho bozónu predstavuje v štandardnom modeli voľný parameter, ktorý musí byť určený experimentálne.

**Hadrón** je [subatomárna častica](https://sk.wikipedia.org/wiki/Subatom%C3%A1rna_%C4%8Dastica" \o "Subatomárna častica) zložená z [kvarkov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark) alebo antikvarkov.

# Mezón

**Mezón** je farebne neutrálna [elementárna častica](https://sk.wikipedia.org/wiki/Element%C3%A1rna_%C4%8Dastica) tvorená párom [kvark](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark" \o "Kvark)-[antikvark](https://sk.wikipedia.org/wiki/Antikvark). Tieto častice patria medzi [bozóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Boz%C3%B3n" \o "Bozón), ako napríklad [pión](https://sk.wikipedia.org/wiki/Pi%C3%B3n" \o "Pión), ktorý je tvorený párom kvark u a kvark anti-d. [Antičasticami](https://sk.wikipedia.org/wiki/Anti%C4%8Dastica) mezónov sú častice, v ktorých je pôvodný kvark antikvarkom a antikvark kvarkom.

**Baryóny** sú skupina [častíc](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C4%8Castica). Spolu s [mezónmi](https://sk.wikipedia.org/wiki/Mez%C3%B3n" \o "Mezón) patria medzi [hadróny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n" \o "Hadrón).

Po zohľadnení antihmoty sú elementárnymi (subatomárnymi) časticami aj ekvivalentné [antičastice](https://sk.wikipedia.org/wiki/Anti%C4%8Dastica), teda [antikvarky](https://sk.wikipedia.org/wiki/Antikvark" \o "Antikvark),[antileptóny](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Antilept%C3%B3n&action=edit&redlink=1) a pod.

Veľký hadrónový urýchľovač

Mapa podzemného tunela veľkého hadrónového urýchľovača

**Veľký hadrónový urýchľovač** (Large Hadron Collider, LHC) je [urýchľovač častíc](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D_%C4%8Dast%C3%ADc)nachádzajúci sa v [CERNe](https://sk.wikipedia.org/wiki/CERN" \o "CERN). Je projektovaný na urýchľovanie buď dvoch protibežných zväzkov protónov s následnou zrážkou pri ťažiskovej energii približne 14 [TeV](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3nvolt" \o "Elektrónvolt) alebo urýchľovanie dvoch protibežných zväzkov jadier olova s následnou zrážkou pri ťažiskovej energii 1146 [TeV](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3nvolt" \o "Elektrónvolt). V miestach zrážok sú umiestnené detektory [ALICE](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=ALICE_(detektor)&action=edit&redlink=1),[ATLAS](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=ATLAS&action=edit&redlink=1), [LHCb](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=LHCb&action=edit&redlink=1" \o "LHCb (stránka neexistuje)), [CMS](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=CMS_(fyzika)&action=edit&redlink=1), [TOTEM](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=TOTEM&action=edit&redlink=1) a [LHCf](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=LHCf&action=edit&redlink=1" \o "LHCf (stránka neexistuje)). Výsledky experimentov prispievajú k lepšiemu pochopeniu základných fyzikálnych interakcií. Jedným zo základných cieľov LHC je experimentálne preverenie existencie [Higgsovho bozónu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_boz%C3%B3n" \o "Higgsov bozón) a prípadné zmeranie jeho vlastností.

Pôvodne bol spustený [10. septembra](https://sk.wikipedia.org/wiki/10._septembra) [2008](https://sk.wikipedia.org/wiki/2008). Po nečakaných problémoch bol [19. septembra 2008](https://sk.wikipedia.org/wiki/19._september) odstavený a opätovne spustený 30. marca 2010 pri celkovej energii 7 TeV, čo predstavovalo dosiaľ najväčší výkon akéhokoľvek človekom postaveného urýchľovača častíc. Projektovaná energia zrážok protónov (14 [TeV](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3nvolt" \o "Elektrónvolt)) dosiaľ (december 2011) nebola dosiahnutá a vyžiada si v budúcnosti ďalšie odstavenie urýchľovača.

Účel[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=2) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=2)]

Simulácia, ktorá zobrazuje objavenie sa Higgsovho bozónu v detektore CMS.

Fyzici veria, že LHC môže zodpovedať veľa fundamentálnych otázok. K tým najhlavnejším patria nasledujúce:

* Je v prírode skutočne realizovaný [Higgsov mechanizmus](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_mechanizmus" \o "Higgsov mechanizmus)? Urýchľovač bol projektovaný tak, aby buď preukázal alebo vylúčil existenciu [Higgsovho bozónu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_boz%C3%B3n" \o "Higgsov bozón), čím preverí samotnú platnosť [štandardného modelu](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tandardn%C3%BD_model).[[1]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-1)[[2]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-2)[[3]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-quigg-3)
* Je v prírode realizovaná dodatočná teoreticky navrhnutá [supersymetria](https://sk.wikipedia.org/wiki/Supersymetria" \o "Supersymetria)? Ak áno, všetkým známym časticiam by boli priradení supersymetrickí dvojníci,[[4]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-4)[[5]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-5)[[6]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-6) čo by mohlo vysvetliť problém [temnej hmoty](https://sk.wikipedia.org/wiki/Temn%C3%A1_hmota).
* Existuje viac dimenzií, tak ako ich navrhujú rôzne modely inšpirované [teóriou strún](https://sk.wikipedia.org/wiki/Te%C3%B3ria_str%C3%BAn)?[[7]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-7)

K ďalším otázkam, ktoré by mohli byť aspoň čiastočne zodpovedané, patria:

* Je [elektromagnetická](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A1_interakcia_hmotn%C3%BDch_objektov), [silná jadrová](https://sk.wikipedia.org/wiki/Siln%C3%A1_interakcia_hmotn%C3%BDch_objektov) a [slabá jadrová](https://sk.wikipedia.org/wiki/Slab%C3%A1_interakcia_hmotn%C3%BDch_objektov) interakcia len prejavom jednej zjednotenej sily, tak ako ju predpovedá [teória veľkého zjednotenia](https://sk.wikipedia.org/wiki/Te%C3%B3ria_ve%C4%BEk%C3%A9ho_zjednotenia) ?
* Prečo je gravitácia o toľko rádov slabšia v porovnaní s ostatnými fundamentálnymi interakciami?
* Existujú ďalšie zdroje príchute [kvarkov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark), okrem tých, ktoré už predpovedá štandardný model?
* Prečo došlo k porušenie symetrie medzi hmotou a [antihmotou](https://sk.wikipedia.org/wiki/Antihmota)?
* Aká bola povaha [kvark-gluónovej plazmy](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvarkovo-glu%C3%B3nov%C3%A1_plazma" \o "Kvarkovo-gluónová plazma) v ranom štádiu vývoja vesmíru?
* Dôležité udalosti[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=3) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=3)]

|  |  |
| --- | --- |
| **Dátum** | **Udalosť** |
| 10. september 2008 | LHC bol spustený. po prvýkrát cirkulovali v celom urýchľovači protóny. |
| 19. september 2008 | Porucha na približne stovke supravodivých [magnetov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Magnet) v sektoroch 3 a 4, únik približne šiestich ton tekutého [hélia](https://sk.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lium). |
| 30. september 2008 | Plánované prvé nízko energetické zrážky, odložené z dôvodu nehody. |
| 16. október 2008 | CERN zverejnil predbežnú správu o nehode. |
| 21. október 2008 | Oficiálna inaugurácia. |
| 5. december 2008 | CERN zverejnil detailnú analýzu nehody. |
| 20. november 2009 | Prvýkrát od nehody cirkulovali v urýchľovači nízko energetické zväzky protónov.[[8]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-8) |
| 23. november 2009 | Prvá zrážka častíc pri energii približne 450 GeV.[[9]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-9) |
| 30. november 2009 | LHC sa stal najvýkonnejším urýchľovačom častíc na svete. Dosiahol energiu 1,18 TeV na jednu časticu vo zväzku, čím pokoril predchádzajúci rekord [Tevatronu](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Tevatron&action=edit&redlink=1" \o "Tevatron (stránka neexistuje)) (0,98 TeV na jednu časticu vo zväzku).[[10]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-10) |
| 28. február 2010 | LHC pokračuje v prevádzke dosahujúc energiu približne 3,5 TeV na jednu časticu vo zväzku. Prevádzka na tejto energii je plánovaná na obdobie nasledujúcich 18-tich mesiacov až dvoch rokov. Následne bude urýchľovač odstavený a pripravovaný na pôvodnú celkovú energiu zrážky 14 TeV (7 TeV na jednu časticu v zväzku).[[11]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-11) |
| 30. marec 2010 | Zrážka zväzkov pri celkovej energii 7 TeV (3,5 TeV na jeden zväzok) o 13:06 CEST, čím bolo začatý samotný výskum. |
| 8. november 2010 | Štart prvej fázy prevádzky s jadrami olova. |
| 6. december 2010 | Ukončenie prevádzky urýchľovača s jadrami olova. Uzatvorenie urýchľovača až do prvej štvrtiny roku 2011. |
| 13. marec 2011 | Začiatok prevádzky urýchľovača v roku 2011 so zväzkami protónov.[[12]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-12) |
| 21. apríl 2011 | LHC sa stáva urýchľovačom s najvyššou dosiahnutou luminozitou. Bola dosiahnutá maximálna luminozita 4.67·1032 cm−2s−1, čím bol prekonaný dovtedajší rekord Tevatronu 4·1032 cm−2s−1.[[13]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-13) |
| 17. jún 2011 | Experimenty ATLAS a CMS dosahujú luminozitu 1 [fb−1](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Barn_(unit)&action=edit&redlink=1).[[14]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-14) |
| 23. október 2011 | Experimenty ATLAS a CMS dosahujú luminozitu 5 [fb−1](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Barn_(unit)&action=edit&redlink=1). |
| 13. december 2011 | Predstavitelia experimentov ATLAS a CMS referujú na verejnom seminári v [CERNe](https://sk.wikipedia.org/wiki/CERN" \o "CERN) o výraznom zúžení regiónu prípustných hmotností Higgsovho bozónu. Prezentované sú možné náznaky existencie Higgsovho bozónu o hmotnosti približne 124 až 126 GeV-c2. Existencia Higgsovho bozónu nebola oficiálne prehlásená. |
| 4. júl 2012 | Kolaborácie CMS a ATLAS pracujúce v rámci LHC formálne oznámili nezávislý objav dovtedy neznámeho bozónu o hmotnosti 125 až 127 GeV/c2 s konfidenčným levelom 5 sigma. Oficiálne objav Higgsovho bozónu nebol oznámený. |
| 21. máj 2015 | Prvé zrážky dvoch protichodných lúčov protónov s rekordnou energiou zrážok 13 TeV. |

## Princíp fungovania a opis zariadení[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=4) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=4)]

LHC je projektovaný na produkciu viac ako 20 zrážok na každých 200 [miliárd](https://sk.wikipedia.org/wiki/Miliarda) častíc. Z dôvodu veľkej luminozity (veľký počet jednotlivých častíc vo zväzkoch) je celkový počet zrážok predpokladaný na približne 600 miliónov za jednu sekundu.[[15]](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D#cite_note-15) Pri rýchlostiach blízkych [rýchlosti svetla](https://sk.wikipedia.org/wiki/R%C3%BDchlos%C5%A5_svetla) urobí [protón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n) v LHC 11 245 obehov tunela za sekundu. Pred samotnou zrážkou bude jeden zväzok cirkulovať približne 10 hodín, pričom prejde dráhu viac než 10 miliárd kilometrov (viac ako dĺžka cesty na planétu [Neptún](https://sk.wikipedia.org/wiki/Nept%C3%BAn) a späť).

Po dosiahnutí energie 0,45 [TeV](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3nvolt" \o "Elektrónvolt) na jednu časticu sa zo sústavy urýchľovačov vstreknú častice do LHC, kde urobia milióny obehov. Pri každom obehu častice dostanú ďalší impulz od [elektrického poľa](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A9_pole) vytváranom v špeciálnych dutinách, až pokiaľ nedosiahnu konečnú energiu 7 [TeV](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektr%C3%B3nvolt" \o "Elektrónvolt). Zväzok, ktorého častice majú takú obrovskú energiu, je v LHC udržovaný sústavou 1800 [supravodivých](https://sk.wikipedia.org/wiki/Supravodivos%C5%A5) [magnetov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Magnet). Tieto magnety udržiavané pri nízkych teplotách môžu viesť [elektrický prúd](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_pr%C3%BAd) s nulovým[odporom](https://sk.wikipedia.org/wiki/Odpor), preto môžu vytvoriť silnejšie [magnetické pole](https://sk.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A9_pole). Vodiče [elektromagnetov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnet) sú vyrobené z nobiotitánovej zliatiny a pracujú pri teplote 1,9 [K](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kelvin) (−271 °C). Keby LHC používal bežné elektromagnety namiesto supravodivých, prstenec by musel mať obvod 120 [km](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kilometer) a pre dosiahnutie rovnakých výsledkov by spotreboval 40x viac energie.

LHC pracuje s magnetickými poľami približne 8 [tesla](https://sk.wikipedia.org/wiki/Tesla" \o "Tesla), pričom bežné tepelné elektromagnety sú schopné vytvoriť magnetické pole len okolo 2 tesla.

CERN v súčasnej dobe pracuje na vývoji technológie počítačových sietí zvaných [GRID](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=GRID&action=edit&redlink=1). Tie majú spojovať desiatky a neskôr až stovky PC pre vytvorenie prostriedkov pre spracovanie dát zaznamenaných na detektoroch LHC. Experimenty LHC budú produkovať enormné množstvo dát. Každý rok to bude dostatok informácií na naplnenie kapacity toľkého počtu CD, že by z nich dal postaviť 20 km vysoký stĺp (cca 15 [petabajtov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Petabajt" \o "Petabajt) = 15 miliónov [GB](https://sk.wikipedia.org/wiki/Gigabajt)).

Úlohou časticového [detektora](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Detektor&action=edit&redlink=1) je zaznamenávať a vizualizovať explózie častíc, ktoré sú dôsledkom zrážky. Informácie o[rýchlosti](https://sk.wikipedia.org/wiki/R%C3%BDchlos%C5%A5), [hmotnosti](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hmotnos%C5%A5) a [elektrickom náboji](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%BD_n%C3%A1boj) častice pomôžu fyzikom zistiť identitu danej častice. Úloha to ale nebude ľahká. Predpokladáme, že LHC pomôže objaviť nové častice. Tie však nebudú voľne poletovať a čakať, až si ich niekto všimne. Všetky dôkazy o existencie častice budú nepriame. Niektoré môžu existovať len nepatrný zlomok sekundy a preto uvidíme len produkty ich rozpadu.

## Detektory[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=5) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=5)]

### ALICE[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=6) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=6)]

Schematický náčrt konfigurácie urýchľovača LHC a detektorov (žlté)

Pre experiment ALICE sa budú v LHC zrážať ióny olova, aby sa tak vytvorili podmienky zhodné s tými po [veľkom tresku](https://sk.wikipedia.org/wiki/Ve%C4%BEk%C3%BD_tresk). Získané dáta umožnia fyzikom študovať stav hmoty nazývaný [kvark-gluónová plazma](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark-glu%C3%B3nov%C3%A1_plazma" \o "Kvark-gluónová plazma), ktorá pravdepodobne existovala po veľkom tresku. [Protóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n) a [neutróny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Neutr%C3%B3n) sú tvorené [kvarkami](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark" \o "Kvark) (protón: 2 kvarky up a 1 kvark down, neutrón: 2 kvarky down a 1 kvark up), ktoré držia pohromade vďaka iným časticiam, ktoré nazývame [gluóny](https://sk.wikipedia.org/wiki/Glu%C3%B3ny" \o "Gluóny) (od anglického slova glue – lepidlo). Gluóny pôsobia na kvarky tak veľkou silou, že samostatný [kvark](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark) ešte nebol objavený. Kolízia v LHC spôsobí teploty vyššie než 100 tisíc násobok teploty v jadre [Slnka](https://sk.wikipedia.org/wiki/Slnko). Fyzici dúfajú, že pri týchto podmienkach sa protóny a neutróny roztavia a uvoľnia tak kvarky. Tým vznikne kvark-gluónová plazma. Experiment ALICE bude študovať kvark-gluónovú plazmu a jej vznik.

### ATLAS[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=7) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=7)]

Pohľad na časticový detektor ATLAS v priebehu výstavby, jeden zo šiestich hlavných vedeckých prístrojov LHC

ATLAS je jedným z viacúčelových detektorov v LHC. Ide o veľký a komplexný súbor detektorov v tvare valca s priemerom 25 m a dĺžkou 45 m. Je umiestnený v podzemnej hale približne 100 m pod povrchom zeme. Skúma fyzikálne procesy vo väčšom rozsahu než napríklad ALICE. Výskumný program ATLASu je orientovaný na časticovú fyziku, vrátane pátrania po [Higgsovom bozóne](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_boz%C3%B3n" \o "Higgsov bozón). Ďalej je výskum orientovaný na na pátranie po extra [dimenziách](https://sk.wikipedia.org/wiki/Dimenzia) a časticiach, ktoré by mohli tvoriť[temnú hmotu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Temn%C3%A1_hmota).

ATLAS, podobne ako CMS, bude zaznamenávať trajektórie pri kolíziách. Oba experimenty ale používajú radikálne odlišné technické riešenia pre systém magnetov vo svojich detektoroch. Systém magnetov použitých pre ATLAS je štandardný. Tvorí ho 8 obrovských magnetov, poskladaných na dĺžku do kruhu tak, aby magnetické pole bolo najsilnejšie v strede detektora. Každý z týchto magnetov meria 25 metrov a je zložený zo supravodivých cievok. ATLAS váži 7 000 ton – rovnako ako [Eiffelova veža](https://sk.wikipedia.org/wiki/Eiffelova_ve%C5%BEa" \o "Eiffelova veža) v [Paríži](https://sk.wikipedia.org/wiki/Par%C3%AD%C5%BE).

Na konštrukcii detektora ATLAS sa podieľala aj Slovenská republika zastúpená košickými vedcami a inžiniermi. V pracovnej skupine doc. RNDr. Dušana Bruncka, CSc. sa sústredili na príspevok ku kalorimetrickému detektoru, ktorým sa merajú energie častíc. Prispeli tiež do elektronickej kalibrácie kalorimetra na báze kvapalného argónu. V spolupráci so zahraničnými pracoviskami vyvinuli špeciálne, veľmi rýchle elektronické zosilňovače, ktoré pracujú pri teplote kvapalného argónu. Tieto snímače slúžia na snímanie signálov z kalorimetra. Košická skupina prispela aj dodávkami komponentov detektora a podieľala sa na inštalácii aparatúry experimentu ATLAS pod povrchom.

### CMS[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=8) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=8)]

Pohľad na časticový detektor CMS v priebehu výstavby

Podobne ako ATLAS aj CMS bude skúmať väčšiu časť [časticovej fyziky](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C4%8Casticov%C3%A1_fyzika), vrátane[Higgsovho bozónu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Higgsov_boz%C3%B3n), extra [dimenzií](https://sk.wikipedia.org/wiki/Dimenzia) a častíc, ktoré by mohli tvoriť [temnú hmotu](https://sk.wikipedia.org/wiki/Temn%C3%A1_hmota). Je zrejmé, že CMS skúma rovnaké problémy ako ATLAS, rozdiel je ale v spôsobe akým to robí. Na rozdiel od ATLASu použije CMS iba jeden obrí [elektromagnet](https://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnet" \o "Elektromagnet)cylindrického tvaru (solenoid). [Solenoid](https://sk.wikipedia.org/wiki/Solenoid" \o "Solenoid) je zložený z cylindrickej cievky supravodivých káblov. Tento gigantický magnet je schopný vytvoriť [magnetické pole](https://sk.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A9_pole)veľkosti 4 tesla (zhruba 100 tisíckrát väčšie ako [magnetické pole Zeme](https://sk.wikipedia.org/wiki/Magnetick%C3%A9_pole_Zeme)). Toto pole musí byť uchytené oceľovými výstuhami, ktoré tvoria značnú časť celej hmotnosti detektoru (12 500 ton). Zaujímavosťou detektora je, že ako jediný bol najskôr postavený na povrchu a až potom spustený do podzemia.

### LHCb[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=9) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=9)]

LHCb sa špecializuje na preskúmanie drobných rozdielov medzi [hmotnou](https://sk.wikipedia.org/wiki/Hmota) a[antihmotou](https://sk.wikipedia.org/wiki/Antihmota) študovaním častíc zvaných [kvark b](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kvark_b) (b znamená bottom – spodný). Detektor by mal zodpovedať, prečo sa zdá, že [vesmír](https://sk.wikipedia.org/wiki/Vesm%C3%ADr) je zložený takmer výhradne z hmoty a nie z antihmoty.

### TOTEM[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=10) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=10)]

Experiment TOTEM sa zameria na skúmanie javov, ktoré sa nevošli do škály úloh pre viacúčelové detektory ATLAS a CMS. Bude merať veľkosť častíc a presne monitorovať luminozitu LHC. K tomuto musí byť TOTEM schopný detegovať častice produkované veľmi blízko lúčov obiehajúcich v LHC. To vyžaduje detektory v špeciálne navrhnutých [vákuových](https://sk.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1kuum) komorách zvaných rímske hrnce (Roman pots), pripojených k rúrkam s lúčmi.

### LHCf[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=11) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=11)]

LHCf má za úlohu simulovať kozmické žiarenie v laboratórnych podmienkach pomocou častíc vytvorených v LHC. Je to najmenší experiment, čo do počtu vedcov (22). Kozmické žiarenie je spôsobené nabitými časticami z vesmíru, ktoré neustále bombardujú zemskú atmosféru. Narážajú do jadier vo vyššej atmosfére a spôsobujú kaskádu častíc, ktoré dosiahnu zemského povrchu. Získané vedomosti o chovaní kozmického žiarenia, resp. týchto kaskád častíc pomôže vedcom vypracovať veľké experimenty.

## Výkonnosť[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=12) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=12)]

LHC je prístroj pre koncentráciu energie vo veľmi malom priestore. Častice budú mať energiu rádovo [TeV](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektrovolt&action=edit&redlink=1" \o "Elektrovolt (stránka neexistuje)). 1 TeV je energia porovnateľná s energiou letiaceho komára, háčik je v tom, že protón je asi triliónkrát menší ako [komár](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Kom%C3%A1r&action=edit&redlink=1). Každý [protón](https://sk.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%B3n) rotujúci v LHC bude mať energiu 7 [TeV](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektrovolt&action=edit&redlink=1" \o "Elektrovolt (stránka neexistuje)), takže keď sa zrazia dva protóny, energia zrážky bude 14 [TeV](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektrovolt&action=edit&redlink=1" \o "Elektrovolt (stránka neexistuje)). Ióny olova majú 83 protónov a dohromady dávajú energiu okolo 1150 TeV. Pri plnom výkone bude mať každý zväzok energiu 350 MJ, čo je energia akú má vlak, ktorý váži 400 ton, idúci rýchlosťou 200 km/h. Táto energia je dostatočná na roztavenie 500 kg medi. Energia uložená v magnetoch je ešte približne 30x vyššia (11 GJ).

## Cena[[upraviť](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&veaction=edit&section=13) | [upraviť zdroj](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Ve%C4%BEk%C3%BD_hadr%C3%B3nov%C3%BD_ur%C3%BDch%C4%BEova%C4%8D&action=edit&section=13)]

LHC dostal pôvodne v roku 1995 rozpočet 2,6 [miliárd](https://sk.wikipedia.org/wiki/Miliarda) [švajčiarskych frankov](https://sk.wikipedia.org/wiki/%C5%A0vaj%C4%8Diarsky_frank) a k tomu ešte 210 miliónov švajčiarskych frankov na experimenty. Nakoniec však cena narástla a konečná cena predstavuje 8 miliárd [amerických dolárov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Americk%C3%BD_dol%C3%A1r).

**História elementárnych častíc**  
  
Za počiatok histórie fyziky častíc môžeme dnes považovať objav elektrónu  Josephom J. Thomsonom v roku 1897, ktorý podstatne zmenil predstavu o atómoch ako nedeliteľných stavebných kameňoch hmoty. Za skutočne elementárnu časticu sa tak na prelome 19. a 20. storočia začal považovať elektrón a ľubovoľne elektricky neutrálny atóm. Elektrón nesie záporný náboj a jeho veľkosť bola nazvaná elementárnym nábojom.  
  
V roku 1911 Ernestom Rutherfordom, kedy sa ukázalo, že kladný náboj je v atóme lokalizovaný vo veľmi malej oblasti – jadre s rozmerom približne o 5 rádov menším ako je rozmer celého atómu. Typický polomer jadra je asi 10-15 m a polomer atómu je 10-10 m . V katalógu elementárnych častíc tak zaujal svoje miesto aj protón, ktorý nesie kladný náboj  a jeho hmotnosť je 1836 krát väčšia ako hmotnosť elektrónu.  
  
Búrlivý rozvoj nastal v 20. storočí, kedy častice mikrosveta rozdelili podľa kvantovej teórie do 2 skupín podľa veľkosti spinu, spin je vnútorný moment hybnosti, ktorá má častica aj keď nevykonáva žiaden orbitálny priestorový pohyb. Táto veličina môže byť len celočíselným alebo polocelým násobkom  (redukovaná planckova konštanta ). Častice s celočíselným spinom nazývame bozóny a s polocelým fermióny. Názvy dostali podľa  fyzikov Satyendra Boseho a Enrica Fermiho. Platí, že 2 identické fermióny nemôžu byť v rovnakom kvantovom stave (Pauliho vylučovací princíp), naopak identických bozónov môže byť v rovnakom stave ľubovoľne veľa. Podľa toho elektrón a protón sú fermióny a majú spin 1/2 a jadro atómu hélia (častica a) je bozón  a má spin 0.  
  
Rutherford už okolo roku 1920 navrhol, že by mohol existovať neutrón ako elektricky neutrálny partner protónu, ale až roku 1932 bol experimentálne objavený Jamesom Chadwickom. Neutrón bol objavený ako produkt jadrovej reakcie pri bombardovaní berýlia, pričom vzniká uhlík a prenikavé žiarenie.  
  
Objav neutrónu viedol k hlbšiemu pochopeniu b-rozpadu, ktorý pozoroval už Henri Becquerel roku 1896. Pôvodcom jadrového b-rozpadu je rozpad neutrónu. Podrobnejším skúmaním b-rozpadu sa zistil zdanlivý paradox. Spektrum energie produkovanej elektrónmi bolo spojité, čo bolo v rozpore s predstavou, že sa jedná o dvojčasticový rozpad na protón a neutrón. Fyzici prišli na to, že musí vznikať ešte jedna častica, ktorá je elektricky neutrálna a veľmi ľahká, preto ju nazvali neutríno.  
  
Paul Dirac v roku 1928 predpovedal antičastice. Pre antičasticu elektrónu sa ustálil názov pozitrón a v roku 1932 ho ako prvý pozoroval Carl Anderson v kozmickom žiarení.  
  
V polovici tridsiatych rokov 20. storočia sa za elementárne častice považovali: elektrón, protón, neutrón, z ktorých možno budovať celý okolitý svet zložený z atómov a molekúl.  Dôležitú úlohu hralo aj neutríno a fotón g, ako kvantum elektromagnetického žiarenia. Medzi ďalšie vtedy známe stavebné kamene hmoty môžeme zaradiť antičastice pozitrón a antiprotón, pričom fotón je neutrálna častica, nemá náboj a je sám sebe antičasticou.  
  
V tomto období sa vytvorila predstava o 4 typoch interakcií medzi časticami: okrem elektromagnetických a gravitačných síl známych z klasickej fyziky existujú aj silná interakcia, ktorá drží pohromade nukleóny v atómových jadrách a slabá interakcia, ktorá spôsobuje b-rozpad a reakcie s účasťou neutrína. Sprostredkovateľom elektromagnetickej interakcie je fotón.  
  
Hideki Yukawa navrhol, že prostredníkom v silnej interakcii by mohol byť pión resp. π-mezón (mezóny sú silno interagujúce častice, ktoré neprejdú cez hrubšiu vrstvu materiály).   
  
Cecil Powel experimentálne preukázal,  že v kozmickom žiarení možno identifikovať 2 rôzne častice s kľudovými energiami okolo 100 MeV. Ľahší nazvali μ a ťažší ako π. Ďalej zistili, že π sa rozpadá na μ (patrí medzi mióny, ktoré môžu prejsť cez hrubšie vrstvy materiálu) a neutríno, mezón π má nulový spin. Neskôr bola urobená klasifikácia častíc na: hadróny a leptóny. Hadróny (z gréckeho slova hadros, znamená ťažký)  sú častice, na ktoré pôsobí slabá, elektromagnetická a silná interakcia, môžeme ich rozdeliť na baryóny, ktoré majú polocelý spin (napr. nukleóny) a mezóny s celočíselným spinom. Leptóny (z gréčtiny leptos je ľahký) silnú interakciu necítia. Poznáme pióny: π0, π+, π- . Práve tento neutrálny pión π 0 má nulový spin.  
  
Od roku 1937 pozorovali Carl Anderson a Seth Neddermayer v kozmickom žiarení časticu, ktorú dnes nazývame mión μ. Mión je prenikavou zložkou kozmického žiarenia. Je asi 200 krát ťažší ako elektrón a je nestabilný so strednou dobou života asi 10-6 s, spin má ½. Mión sa prakticky vždy rozpadá na elektrón a 2 neutrálne veľmi ľahké a slabo interagujúce častice neutrína.  Nesie aj špecifický náboj, ktorý sa zachováva v interakciách a môžeme ho nazvať miónové číslo.   
  
Prvá nová častica, ktorá nasledovala za piónmi bol nabitý kaón alebo mezón K+ , rozpadá sa na pióny. K+  sa rodí veľmi rýchlo a rozpadá veľmi pomaly, to bolo podivné. Murray Gell-Mann zaviedol pre hadróny nové kvantové číslo, ktoré sa zachováva v silných a elektromagnetických interakciách, ale v slabých sa môže meniť. Je to podivnosť s označením S, hadróny-pióny a nukleóny majú podivnosť S = 0, pretože jedna podivná častica sa rodí vždy s druhou ich výsledná podivnosť je nulová. Mezón K+ má S = +1 a hyperóny- Λ a Σ majú S = -1. Platí, že antičastici sa priradí opačná podivnosť než častici, takže mezón K- má podivnosť –1.  
  
Za ním nasledovali neutrálny kaón K0 a 2 nové baryóny : Λ a Σ+ , ktoré nazývame hyperóny, rozpadajú sa na nukleón a pión. Medzi hyperóny sa zaradil ďalší hyperón Ξ-  ktorý sa rozpadá na Λ a π-.  
  
Koncom roku 1953 bola potvrdená existencia Σ+  a objavený hyperón Σ- , ktorý nie je antičasticou Σ+ .  Po experimentálnom objave Ω- Gell-Mann a George Zweig  postulovali, že hadróny sú zložené z kvarkov označených ako: u (up), d (down) a s (strange). Pojem kvark pochádza z anglosaských krajín, vedci v nich používajú častejšie poetické názvy na rozdiel od ostatných krajín, kde sa využívajú odborné termíny. Súvisí to hlavne s kultúrou národov. Baryóny sú zložené z troch kvarkov a mezóny z kvarku a antikvarku, každý kvark nesie spin ½ a preto baryóny majú spin ½ alebo 3/2, mezóny  majú 0 alebo 1. Ich elektrické náboje sú pre kvark u je to +2/3, pre d a s –1/3. Protón má kvarkové zloženie uud, neutrón udd, hyperón Λ uds. Kvarky u a d majú nulovú podivnosť a s má podivnosť –1. Podivnosť hadrónov vyjadruje počet s kvarkov a antikvarkov, napr. baryón Ω- s podivnosťou –3 má kvarkové zloženie sss. V druhej polovici 60. rokov sa za elementárne častice považovali 3 kvarky u,d,s a štyri leptóny e, νe, μ, νμ  a fotón γ.   
  
V 70. rokoch objavili ďalší kvark c charm, (v angličtine to znamená pôvab) s nábojom 2/3. V roku 1974 bola objavená nová častica nazvaná J/ψ. Bolo rýchlo vysvetlené, že tento mezón bol zložený z nového typu kvarku, a to pôvabného (charm, označovaný c) kvarku, s hmotnosťou o niečo vyššou ako protón, ktorého existencia bola teoreticky predtým predpovedaná. V roku 1977 bol objavený 5. kvark s hmotnosťou približne 4,5 GeV a nábojom –1/3, asi 4-krát ťažší ako protón, nazvaný b (bottom, v niektorých prameňoch nazývaný tiež beauty).  
  
2.marca 1995 vedci z Fermilabu oznámili objavenie t kvarku, posledného zo šiestich predpovedaných, ktorého hmotnosť je blízka hmotnosti jadra volfrámu.  Výskum začal v roku 1977, po tom, keď fyzici vo Fermilabe objavili piaty, b kvark. Trvalo to tak dlho preto, lebo t kvark bol oveľa masívnejší ako sa predpokladalo, a preto na jeho vznik bolo treba vyvinúť výkonnejšie urýchľovače.   
  
Aj keď sa t kvark rozpadal veľmi rýchlo na to, aby sa dal pozorovať, zanechával po sebe častice. Top kvark sa môže rozpadať viac ako jedným spôsobom. Objavuje sa však len raz za miliardu zrážok častíc, preto bolo nutné vykonať bilióny zrážok.   
  
Fyzici ešte stále nerozumejú tomu, prečo má tento kvark takú veľkú hmotnosť. Je asi 40-krát ťažší ako druhý najťažší kvark a asi 35 000-krát ťažší ako u kvark a d kvark, ktoré vytvárajú väčšinu viditeľného okolitého sveta. A stále zostáva otázka o podstate hmotnosti. Fyzici veria, že objavenie t kvarku im dá odpovede na tieto otázky.  
  
Kvarky sú fermióny  so spinom ½ a splňujú Pauliho vylučovací princíp, to znamená, že 2 identické kvarky nemôžu byť v tom istom kvantovom stave. Interakcia medzi kvarkami je sprostredkovaná gluónmi, ktoré majú spin 1. Zaujímavé je, že na malých vzdialenostiach sa silná interakcia „oslabí“, na veľkých vzdialenostiach  silná interakcia narastie, čo má za následok nemožnosť rozdelenia kvarkov z hadrónov a pozorovanie voľných kvarkov.