

# Kniha: Částice na konci vesmíru - Kterak nás honba za Higgsovým bosonem dovedla až na práh nového světa

## Autor: Sean Carrol

[https://knihy.abz.cz/prodej/castice-na-konci-vesmiru-1#a\\_popis](https://knihy.abz.cz/prodej/castice-na-konci-vesmiru-1#a_popis)

Objev Higgsova bosonu je podle mnoha komentátorů nejvýznamnějším průlomem v našem chápání vesmíru po rozbití atomu. Objeven byl díky miliardovým investicím, desetiletím snažení

Popis / resumé


Autor poutavě líčí technické zázemí objevu učiněného v roce 2012 pomocí gigantického urychlovače LHC v evropské laboratoři CERN i velký teoretický význam Higgsova bosonu v mikrosvětě. Tato částice totiž hraje klíčovou roli ve vysvětlení původu hmotnosti ostatních částic, zejména rozdílu mezi nehmotným fotonem, kvantem elektromagnetického působení, a velmi těžkými bosony W a Z zodpovědnými za slabou interakci. Podle Carrola tento významný objev předznamenává novou fascinující éru fyziky 21. století. Publikace amerického fyzika a popularizátora vědy se věnuje objevu a významu Higgsova bosonu, který je důležitým prvkem současného fyzikálního modelu elementárních částic (detekován v roce 2012).

Popis nakladatele

Objev Higgsova bosonu je podle mnoha komentátorů nejvýznamnějším průlomem v našem chápání vesmíru po rozbití atomu. Objeven byl díky miliardovým investicím, desetiletím snažení a úsilí tisíců vědců pracujících u urychlovače LHC ve Švýcarsku a u jiných podobných zařízení ve světě. Co je na něm tak zvláštního, že se mu dokonce říká „božská částice“? Carroll vysvětluje, že bez něj bychom nevěděli, odkud vlastně berou elementární částice svou hmotnost. Nalezli jsme v něm poslední díl skládačky standardního modelu souboru elementárních částic. Existenci této částice předpověděl teoreticky Peter Higgs už v roce 1964, ale teprve v roce 2012


byla tato částice detekována. Peter Higgs za předpověď existence „Higgsova bosonu“ obdržel spolu s Françoisem Englertem roce 2013 Nobelovu cenu za fyziku. (kterak nás honba za Higgsovým bosonem dovedla až na práh nového světa)

---



AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY  
**TÝDEN VĚDY  
A TECHNIKY**  
www.tydenvedy.cz

**VĚDA, KTERÉ ROZUMÍTE**  
1.-15. 11. 2013



AKADEMIE VĚD  
ČESKÉ REPUBLIKY

## O Higgsově bosonu a jiné zvířené

**Proč Higgsův boson nemusel existovat a proč jsme rádi, že existuje**  
Jiří Chýla  
Fyzikální ústav AV ČR

- ✚ Povaha zákonů mikrosvěta
- ✚ Co víme o mikrosvětě
- ✚ Jakou roli v něm hraje Higgsův boson
- ✚ Jak se Higgsův boson hledá
- ✚ Jak byl Higgsův boson objeven
- ✚ **Mysterium Cosmographicum**
- ✚ Higgsův boson a hmotnosti částic

[http://www-hep2.fzu.cz/~chyla/physics/Higgs/texty/seminar\\_TVT.ppt](http://www-hep2.fzu.cz/~chyla/physics/Higgs/texty/seminar_TVT.ppt)

# Higgsův boson a původ hmotností částic

6. října 2013

Týden vědy a techniky

41

## **Příčina a následek:** vztah hmotností částic a Higgsova bosonu ve standardním modelu:

Z odůvodnění udělení letošní Nobelovy ceny:

Standardní model spočívá na existenci speciální částice: **Higgsova bosonu**. Tato částice pochází z **neviditelného pole, které naplňuje celý prostor**. I když se vesmír zdá prázdný, toto pole v něm je přítomno. **Bez něj bychom neexistovali, protože částice nabývají hmotnost při kontaktu s tímto polem.**

Druhá a třetí věta jsou matoucí, poslední je **nesprávná**: **Higgsův boson nemusel existovat** a jeho **experimentální objev** byl **skutečně objev** ne potvrzení něčeho, co existovat muselo.

## Standardní způsob „vysvětlení“ **původu hmotnosti** částic standardního modelu



6. října 2013

Týden vědy a techniky

43



6. října 2013

Týden vědy a techniky

44

se obtížně prodírá Higgsovým polem a získává tím svou „hmotnost“.



6. října 2013

Týden vědy a techniky

45

fáma, že jde Jára



6. října 2013

Týden vědy a techniky

46



6. října 2013

Týden vědy a techniky

47

Tyto obrázky reflektují skutečnost, že ve standardním modelu jsou **hmotnosti částic úměrné konstantám**, které určují velikost sil mezi nimi a Higgsovým bosonem.

Přílišná snaha „**vysvětlit**“ roli Higgsova bosonu a hlavně Higgsova pole, však vede

- ✚ k **nesprávnému tvrzení**, že i v prázdném prostoru je „**přítomno**“ Higgsovo pole
- ✚ a **ignorování skutečné role Higgsova bosonu** v dnešní teorii

Správná interpretace této úměrnosti:

**Částice standardního modelu mají nenulové hmotnosti a proto v něm existuje Higgsův boson, který zajišťuje jeho konzistenci .**

**A co by se stalo, kdyby Higgsův boson neexistoval?**

**Nám nic, my bychom určitě existovali i tak**, jen by to znamenalo, že v našich znalostech základních kamenů hmoty a sil mezi nimi působících je mezera, kterou by bylo potřeba zaplnit **něčím jiným než Higgsovým bosonem**.

**Ale to by nebyla žádná tragédie**, spíš by nás to nutilo vymýšlet jiné léky.

Tím, že Higgsův boson objeven byl a že se zdá, že má ty vlastnosti, které mít má, **máme dobrou teorii**, která je plně matematicky i fyzikálně konzistentní a **můžeme ji proto používat ve snaze pochopit fyzikální procesy na Zemi i ve vesmíru**.

### O původu hmotnosti nukleonů

**Hmotnosti nukleonů** vznikají mechanismem, který je **důsledkem** **pozoruhodné vlastnosti silných sil** působících mezi **kvarky na velkých vzdálenostech** a

**prvního Einsteinova zákona**

$$m = E/c^2$$

**jenž nemá s Higgsovým bosonem naprosto nic společného**.

Doporučuji knihu **Franka Wilczeka**, laureáta NC za fyziku v roce 2004, **Lehkost bytí aneb Bytí jako světlo**, v níž je tento mechanismus popsán.



**Nakladatelství Paseka**  
**Přeložil Jan Fischer**

[http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-tema.aspx?c=A111217\\_143703\\_pozice\\_48918](http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-tema.aspx?c=A111217_143703_pozice_48918)

### K čemu Higgsův boson nepotřebujeme

Higgsův boson je poslední částice, která chybí ve standardním modelu částic a jež hraje klíčovou úlohu ve vysvětlení původu hmotnosti ostatních částic. Kdyby se jej najít nepodařilo, musejí vědci hledat jinou teorii, která by hmotnost částic vysvětlovala. Český fyzik Petr Kulhánek tak reagoval na oznámení vědců z Evropské organizace pro jaderný výzkum (CERN) ve Švýcarsku, že se jim podařilo při hledání Higgsova bosonu pokročit.

V tomto výroku Petra Kulhánka v článku [Nenajde-li se Higgsův boson, musí se hledat jiná teorie](#),

[https://www.denik.cz/ze\\_sveta/nenajde-li-se-higgsuv-boson-musi-se-hledat-jina.html](https://www.denik.cz/ze_sveta/nenajde-li-se-higgsuv-boson-musi-se-hledat-jina.html) r.2011, v němž tento, jinak skvělý popularizátor fyziky reagoval na výsledky prezentované na semináři v CERN 13. prosince, je obsažen obvyklý, ale matoucí a do značné míry i chybný názor na roli, kterou Higgsův boson hraje ve Standardním modelu. A naopak, skutečný důvod, proč Higgsův boson potřebujeme a jak svou roli plní, v něm a ve většině podobných textů není ani naznačen. Pokusím se proto tuto mezeru zaplnit.

Velmi podobná tvrzení jako Petr Kulhánek pronáší i mladý fyzik ve čtyřminutovém klipu na BBC příznačně nazvaném [Podstata Higgsova bosonu vysvětlena](#). Doporučuji klip si přehrát. Uvidíte totiž na vlastní oči Higgsovo pole ve vakuu, jímž se prodírají různé částice, čímž podle komentátora „získávají“ hmotnost. Na těžké se Higgsovo pole lepí více, a proto se jím prodírají pomaleji, zatímco lehké jím prolétnou svižně. Je to opravdu zajímavé „vysvětlení“ původu hmotností různých částic. Je jen škoda, že se moderátor nezeptal mladého fyzika, proč se na mion Higgsovo pole lepí podstatně víc než na elektron, který je 210krát lehčí.



Odpověď, kterou by dostal, by ho pravděpodobně neuspokojila, neboť zní: Protože. **Uvedený mechanismus totiž podstatu hmotnosti kvarků a leptonů nevysvětluje.** [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_070.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_070.pdf) Jen popisuje to, co víme – že různé částice mají různou hmotnost. Trochu techničtěji řečeno, hmotnost  $m_c$  kvarku či leptonu „c“ je daná součinem univerzální „hustoty Higgsova pole ve vakuu“, kterou označíme „v“, a příslušné Pišvejcovy (v odborném žargonu Yukawovy) konstanty  $p_c$ , jež je pro každou částici jiná, tedy  $m_c = vp_c$ . Otec Pišvejc by měl radost, jeho konstantu používáme přesně tak, k čemu ji vymyslel. Násobíme jí něco, co se nám nehodí (v našem případě jedna univerzální hodnota v), abychom dostali to, co chceme – velmi různé hmotnosti kvarků a leptonů.

V případě nosičů sil je Pišvejcova konstanta nahrazena vazbovou konstantou charakterizující sílu interakce mezi nosičem sil a kvarky či leptony. Tato konstanta je pro daný typ sil pevně daná a nelze ji na rozdíl od Pišvejcových konstant podle libosti měnit. **Kdyby sloužilo Higgsovo pole jen k tomu, aby takto „vysvětlilo“ původ hmotností kvarků, leptonů a nosičů sil, nestálo by za zmínku** a Peter Higgs by si na Nobelovu cenu záslusk dělat nemohl. Ve skutečnosti je existence a interakce Higgsova bosonu s kvarky, leptony a nosiči sil zásadně důležitá z jiného důvodu.

#### **Kde je nevíтанý host**

Popsaný mechanismus „zhmotnění“ kvarků, leptonů a nosičů sil má jednu důležitou vlastnost, o níž se příliš nemluví. Chceme-li zhmotnit nosiče sil, můžeme, ale nemusíme zhmotnit také kvarky a leptony. Máme totiž k dispozici Pišvejcovy (Yukawovy) konstanty, z nichž některé, nebo všechny, můžeme položit rovny nule. Obráceně to ovšem neplatí. Zhmotníme-li Higgsovým polem kvarky a leptony, musíme zhmotnit i některé nosiče sil. A to může být velmi nevíтанý dárek.

Vezměme konkrétně kvantovou elektrodynamiku popisující interakce elektromagnetického pole pro jednoduchost třeba jen s elektrony a protony. V této teorii vystupují hmotnosti elektronu a protonu jako zvnějšku dané nenulové parametry. Tato teorie je po matematické stránce v pořádku a velmi dobře popisuje veškeré jevy v atomech. Kdybychom se jen v rámci kvantové elektrodynamiky pokusili hmotnost elektronu „vysvětlit“ prodíráním Higgsovým polem, **nevyhnutelně bychom museli „zhmotnit“ i fotony, což v žádném případě nechceme.**

Stejná situace je i v případě kvantové chromodynamiky, teorie popisující silné interakce mezi kvarky. I v tomto případě jsou hmotnosti kvarků z hlediska této teorie vstupní parametry, které nelze „vysvětlit“ Higgsovým polem, pokud chceme zůstat jen v rámci této teorie, v níž mají gluony nulovou hmotnost.

V teoriích, v nichž mají nosiče sil nulovou hmotnost a kvarky a leptony hmotnosti nenulové, je Higgsovo pole nevítaným hostem. Přitom tyto teorie dávají velmi dobrý smysl.

#### **Dobře snesitelná lehkost bytí**

Dřív, než se dostanu ke skutečné roli Higgsova bosonu ve Standardním modelu, rád bych uvedl na pravou míru ještě jedno obvyklé, ale nesprávné tvrzení, týkající se „zhmotňování“ částic.

**Mladý fyzik v pořadu BBC, podobně jako Petr Kulhánek, navíc tvrdí, že mechanismem „prodírání“ Higgsovým polem získávají hmotnost všechny částice. To není pravda.** Zhruba 99,98 procenta hmoty, z níž jsme složeni my i vesmír okolo nás, je tvořeno protony a neutrony, které jsou zhruba 2000krát těžší než elektrony. A hmotnost protonů a neutronů, stejně jako dalších částic, složených z kvarků a antikvarků a souhrnně zvaných „hadrony“, s Higgsovým mechanismem nesouvisí. Mechanismus, jímž získávají hadrony hmotnost v důsledku neobvyklého charakteru sil mezi barevnými kvarky, je popsán ve skvělé knize Franka Wilczeka, laureáta Nobelovy ceny za fyziku v roce 2004,

[Lehkost bytí aneb Bytí jako světlo. O hmotnosti, éteru a sjednocování sil](#), nedávno vydané nakladatelstvím Dokořán v překladu Jana Fischera. Vřele doporučuji.

#### **Lék na nesnesitelně velké pravděpodobnosti**

A nyní k otázce, k čemu je Higgsův boson ve Standardním modelu skutečně třeba. Představme si, že bychom ve Standardním modelu Higgsovo pole „vypnuli“ (položili hustotu Higgsova pole ve vakuu, kterou jsme označili „ $v$ “, rovnou nule) a přitom kvarkům, leptonům a nosičům sil ponechali jejich experimentálně naměřené hmotnosti. Co by se stalo?

Teorie by přestala dávat smysl, neboť některé procesy by podle ní měly probíhat s pravděpodobností větší než jedna. A to by se nám určitě nelíbilo.

Kdybychom se dále ptali, co je příčinou této politováníhodné vlastnosti, zjistili bychom, že to, že nosiče slabých sil mají na rozdíl od fotonů a gluonů nenulové (a velké) hmotnosti. Kdybychom i jejich hmotnosti položili rovné nule, bylo by zase všechno v pořádku. Řečeno jinak, pokud nosičům sil přiřadíme nenulovou hmotnost, ale jinak s rovnicemi popisujícími jejich interakce s kvarky a leptony neuděláme nic, teorie nedává dobrý smysl.

Situaci lze zachránit tak, že do teorie zavedeme nové pole. Právě ono Higgsovo pole a s ním spojený Higgsův boson a nastavíme jeho interakci s kvarky, leptony i nosiči slabých (ale jen slabých) sil tak šikovně, že pravděpodobnosti všech procesů se opět chovají spořádaně a teorie dává dobrý smysl. To je podstata role, kterou Higgsův boson ve Standardním modelu hraje. Doprovodným jevem zavedení této interakce je pak i to, že hmotnosti kvarků, leptonů a nosičů slabých sil lze interpretovat jako důsledek prodírání Higgsovým polem ve vakuu, jak to názorně popisuje klip BBC.

## Hledání

Hlavní příčiny, proč je tak obtížné Higgsův boson nalézt, jsou důsledkem několika nepříznivých okolností:

- Higgsův boson je nestabilní a rozpadá se za pouhou přibližně miliontinu miliardtiny miliardtiny vteřiny, dobu, za niž i světlo urazí jen vzdálenost kratší, než je průměr protonu, jenž činí pouhou tisícinu miliardtiny milimetru. Nemůžeme tedy vidět Higgsův boson, ale jen produkty jeho rozpadu.
- Rozpadá se mnoha různými způsoby (módy), přičemž relativní poměr různých módů rozpadu velmi silně závisí na jeho hmotnosti.
- Konfigurace částic, které rozpady Higgsova bosonu vznikají, mohou vznikat i jinak, přičemž tyto případy, jimž říkáme „pozadí“ prakticky nelze od rozpadů Higgsova bosonu rozlišit.
- Relativní velikost pozadí ve srovnání s případy produkce Higgsova bosonu závisí na módu rozpadu.
- Pravděpodobnost produkce Higgsova bosonu je podle Standardního modelu ve srovnání s ostatními procesy velmi nízká.

Jediný způsob, jak za těchto okolností Higgsův boson hledat, je v rámci Standardního modelu co nejpřesněji spočítat v kolika srážkách by daná konfigurace částic měla vznikat jako „pozadí“ a srovnat ho s co nejpřesněji naměřeným skutečným počtem. Přebytek naměřeného počtu nad počtem ve Standardním modelu bez Higgsova bosonu pak může být signálem jeho existence.

Klíčové je, jak statisticky významný je tento přebytek. Jde o to, že experimentálně měříme jen konečný počet srážek, a to, co se na první pohled může jevit jako přebytek pozorovaných případů nad spočteným pozadím, může být také jen důsledek statistické fluktuace tohoto pozadí.

Zda mírný přebytek dat nad spočteným pozadím, pozorovaný experimenty ATLAS a CMS v CERN, v případě, že se Higgsův boson rozpadá na dva fotony (a v menší míře i ve dvou dalších módech), je signálem existence Higgsova bosonu s hmotností okolo 125 GeV, či

jde-li o takovou statistickou fluktuaci, ukáže teprve příští rok, kdy bude získáno nejméně čtyřikrát více dat, než je k dispozici dnes. Uvidíme.

[Jiří Chýla](#)

Zdroj: [http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-/tema.aspx?c=A111217\\_143703\\_pozice\\_48918](http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-/tema.aspx?c=A111217_143703_pozice_48918)

[http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-/tema.aspx?c=A111217\\_143703\\_pozice\\_48918](http://ceskapozice.lidovky.cz/k-cemu-vlastne-potrebujeme-tajemny-higgsuv-boson-f72-/tema.aspx?c=A111217_143703_pozice_48918)

.....

Přehled toho jak se můj názor na Higgse vyvíjel → →

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa\\_022.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_022.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b\\_082.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b_082.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b\\_083.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b_083.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b\\_116.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b_116.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b\\_191.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b_191.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b\\_193.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/b/b_193.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h\\_106.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h_106.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/j/j\\_113.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/j/j_113.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_052.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_052.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_057.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_057.pdf) 18.03.2013

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_062.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_062.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_070.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_070.pdf)

[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_072.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_072.pdf)

JN, 21.10.2018 ( brzo na tento článek udělám svůj komentář )