

Úvod do časticovej fyziky

časť 2a: Higgsov mechanizmus

Boris Tomášik

boris.tomasik@cern.ch

Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied
ČVUT, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

CERN, 19.-23.6.2017

Hmotnosť častíc

Kalibračná symetria nepripúšťa intermediálne bozóny s hmotnosťou!

EM interakcia: fotón je nehmotná častica ✓

silná interakcia: gluón je nehmotná častica ✓

slabá int.: W a Z bozóny majú hmotnosť ✗

Nie sú prípustné ani fermióny s hmotnosťou
ale kvarky aj leptóny majú hmotnosť ✗

Čo je to hmotnosť?

(Zotrvačná hmotnosť:) je to miera snahy objektu nemeniť svoj pohybový stav.

Je to miera energie objektu pri nulovej hybnosti

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Vyrobme častice energiu pri nulovej hybnosti - energiu z interakcie.

(Toto je povolené kalibračnou symetriou.)

3

Čo je to vákuum?

Vákuum nie je prázdny priestor!

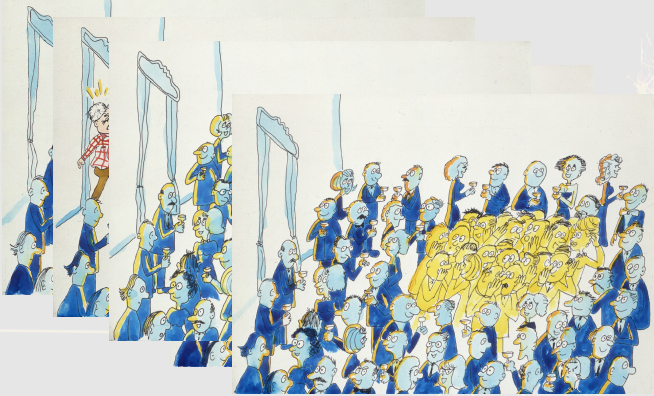
Vákuum je stav s najnižšou energiou.

Väčšina fyzikálnych polí (napríklad EM pole) má v stave s najnižšou energiou nulovú hodnotu.

Higgs (Brout, Englert, Guralnik, Hagen, Kibble):
Existuje skalárne pole, ktorá má najnižšiu energiu vtedy, keď má nenulovú hodnotu.
Toto pole interaguje s kalibračnými bozónmi.

4

Higgsov mechanizmus



5

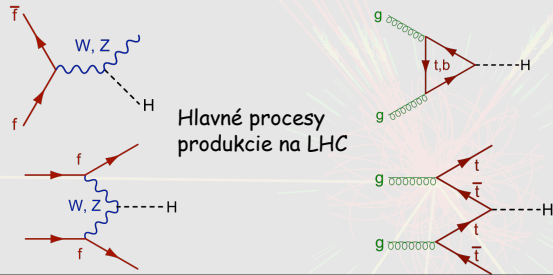
Hmotnosť častíc

- ▶ je priamo úmerná strednej hodnote Higgsovho poľa
- ▶ fermióny: hmotnosť je úmerná aj sile, akou s nimi Higgsovo pole interaguje
 - ➔ najsilnejšia interakcia s top kvarkom
- ▶ Mechanizmus vedie k hmotnosti W a Z , kvarkov a leptónov

6

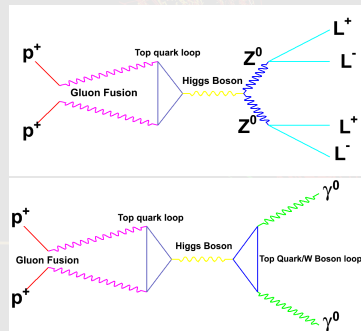
Higgsov bozón

je kvantom excitácie Higgsovho poľa
interaguje s časticami, ktorým dáva Higgsovo
pole hmotnosť

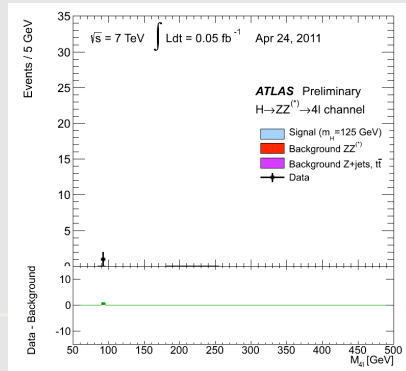


Pozorovanie Higgsovho bozónu

Na pozorovanie najpriaznivejšie rozpadové
procesy:

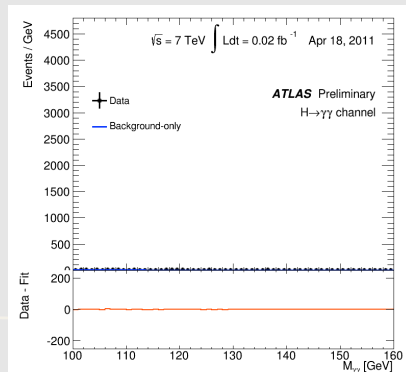


Signál v kanáli $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$



9

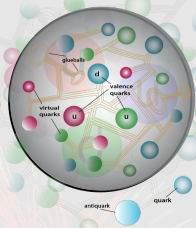
Signál v kanáli $H \rightarrow \gamma\gamma$



10

Higgsov mechanizmus nie je zodpovedný za hmotnosť protónov

- protóny aj neutróny sa skladajú z (3) kvarkov
- hmotnosti kvarkov sú okolo $5 \text{ MeV}/c^2$, ale hmotnosť p a n je okolo $940 \text{ MeV}/c^2$
- protón získava hmotnosť **silnou** interakciou kvarkov s kvarkovým kondenzátom vo vákuu



11

Higgsov mechanizmus je zodpovedný za

- hmotnosť elektrónu
- ➔ veľkosť atómov a ich väzbové energie
 - ➔ chemické väzby medzi atómami

TEDA ZA CELÚ CHÉMIU!!!

12

Higgsov mechanizmus a bozón

- všetko je vyplnené Higgsovým poľom
- interakciou s Higgsovým poľom získavajú hmotnosť W a Z bozóny, leptóny a kvarky
- väčšina hmotnosti hadrónov (teda aj protónov a neutrónov) je však zo spontánneho narušenia chirálnej symetrie
- Higgsov bozón je kvantum excitácie Higgsovho poľa
