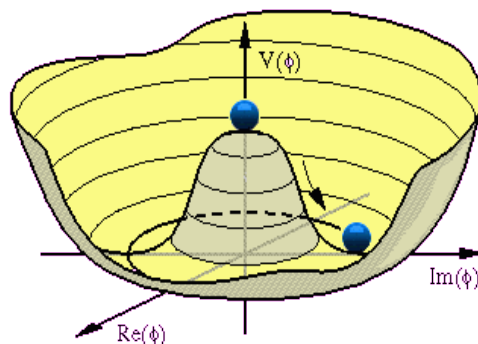


Látjuk-e a Higgs-részecskét a Nagy Hadronütköztetőnél?

A Peter Higgs (és vele egyidejűleg, de tőle függetlenül mások által is) javasolt spontán szimmetriasértési (vagy Higgs-) mechanizmus a részecskefizika elméletének, a Standard Modellnek számos problémáját megoldja. Biztosítja többek között a gyenge kölcsönhatást létrehozó lokális (helyről helyre meghatározott módon változó) szimmetria sértésével a kölcsönhatást közvetítő részecskék tömegét, lehetővé teszi az alapvető anyagi részecskék, a leptonok és a kvarkok tömegének létrejöttét, és – mintegy melléktermékként – megteremti a Higgs-bozont, ezt az igen furcsa, hipotetikus részecskét.



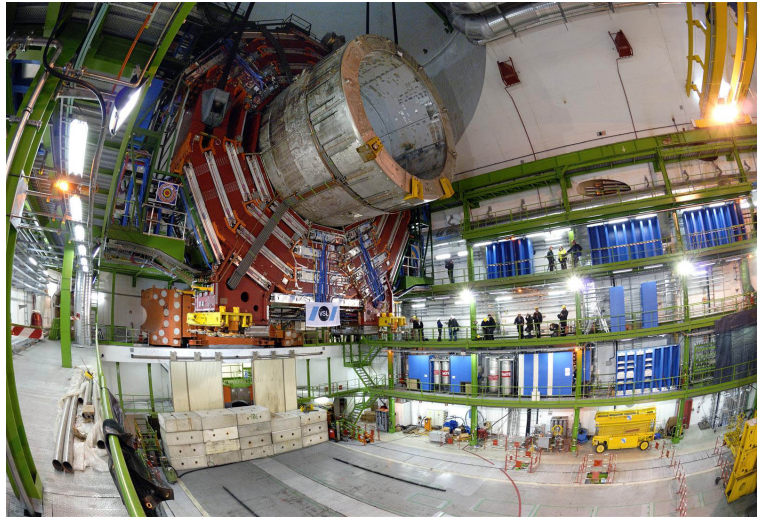
1. **ábra.** Spontán szimmetriasértés. A kalap hengerszimmetriája elromlik, amikor golyót helyezünk a csúcsára. A golyó stabil állapota valahol a völgyben van, de véletlenszerű, hogy hova esik.

A spontán szimmetriasértést legegyszerűbb a mexikói kalappal illusztrálnunk (1. ábra). Az tökéletesen hengerszimmetrikus, ha azonban a középpontjára helyezünk egy golyót, az stabil állapotot csak a völgyben talál, de véletlenszerű, hogy konkrétan hol. Ezzel a szimmetria spontán sérül. Az elmélet szerint az elemi részecskék a Higgs-térben mozogva, azzal kölcsönhatásban nyernek tömeget.

A részecskefizika egyik alapkérdése az, hogy igaz-e a spontán szimmetriasértés, és egyáltalán létezik-e a Higgs-részecske. A Higgs-bozon valamennyi jellemző kvantumszáma zérus, és pusztán létével kiküszöböli azokat a végtelen tagokat, amelyek egyébként lehetetlenné teszik a részecskereakciók valószínűségeinek kiszámítását. Ha nem is sikerült korábban megfigyelnünk, tekintve a részecskefizika elmélete, a Standard Modell fantasztikus, immár négy évtizedes sikerét az összes eddig megfigyelt részecskefizikai folyamat pontos kiszámításában, kevesen kételkedtek a létezésében.

A CERN óriási gyorsítója, a Nagy Hadronütköztető (LHC) egyik fő célja a Higgs-részecske megfigyelése. Elsősorban erre épült az egymással versengő és egymást remekül kiegészítő két óriási, egyenként több ezer fizikus részvételével épített észlelőrendszer, az ATLAS és a CMS detektor. A CMS-együttműködésben alapító tagok vagyunk, az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézete, az MTA Atommagkutató Intézete, a Debreceni Egyetem és az Eötvös Loránd Tudományegyetem kutatói és hallgatói vesznek részt benne. Szimulációk segítségével tíz éve készülünk a Higgs-bozon megfigyelésére. 2010 óta működik az LHC, 7000, majd 8000 GeV energián ütköztetve protonokat, egyre növekvő nyalábintenzitás mellett. Vele párhuzamosan 2011-ig tovább működött a Chicago

melletti Fermilab Tevatron gyorsítója is, habár alacsonyabb energián és jóval kisebb intenzitással.



2. ábra. A CMS-detektor szupravezető mágnesének beillesztése

Minden kísérleti adatnak természetes statisztikus bizonytalansága, tudományos zsargonban hibahatára vagy hibája van. A bizonytalanságnak sok forrása van: a megfigyelt események száma, a szimulációk által jósolt jel és háttér bizonytalansága, a detektorelemek és a gyorsító adatainak kalibrációja. Egy kísérleti értéket általában $m \pm \sigma$ alakban írunk fel, ahol m a mért érték és σ annak bizonytalansága. Mivel a bizonytalanságot nagyon nehéz pontosan megbecsülni, a gyorsítós fizikában a következő megállapodás született: elmondhatjuk, felfedeztünk valamit, ha azt legalább a bizonytalanság ötszöröse fölött látjuk, tehát ha például egy m_0 háttéren ülő jel esetén $m - m_0 > 5\sigma$ mennyiséget észlelünk, ugyanakkor pedig kizártuk, ha 95% konfidencia mellett nem látjuk. Miközben a Higgs-bozont kerestük, valamennyi kísérlet észlelt az 5σ küszöböt el nem érő többleteseményt a Higgs-bozon 110 és 140 GeV/c^2 körüli tömegének megfelelő tartományban, az LHC 2011-ben gyűjtött adatai pedig már többszörös hibahatáron kívüli többletet mutattak 125 GeV/c^2 körül. A CERN 2012 július 4-én hozta nyilvánosságra a CMS és ATLAS kísérlet 2012-ben addig gyűjtött adatainak elemzését, amely már jelentős többlet-eseményt mutat a Standard Modell Higgs-bozonjának keresésében 125 GeV/c^2 tömeg körül valamennyi bomlási csatornában. Azt azonban, hogy az tényleg a Standard Modell Higgs-bozonja-e vagy valami más, új fizikai jelenség, az LHC további vizsgálatainak kell eldönteniük.

Horváth Dezső
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, MTA ATOMKI
horvath.dezso@wigner.mta.hu