

## A részecskefizika története és jelenlegi állása

Ma a legtöbb tudós úgy gondolja, hogy az Univerzum története úgy 15 milliárd évvel ezelőtt kezdődött a **Big Bang** nevű **ősrobbanással**.

Ekkor az egész világegyetem olyan nagy volt, mint egy atom, de elképzelhetetlenül sűrű és forró.

Az ősrobbanás óta hűl és tágul a világegyetem, és közben megszületett az anyag, amiből létrejöttek a galaxisok, csillagok, bolygók és az élet.

Az anyagnak minden formája néhány építőközből az úgynevezett elemi részecskékből épül fel. Ezek viselkedését négy különböző kölcsönhatás szabályozza.

**A részecskefizika a világegyetemben levő anyag legkisebb építőköveit (kvarkok és leptonok) valamint a közöttük fellépő erőket tanulmányozza.**

Ezeket a vizsgálatokat hatalmas gyorsítókkal végzik, amelyben közel fénysebességre felgyorsított részecskéket ütköztetnek egymással.

Az ütközésben létrejövő „törmelékek” vizsgálatából tudnak következtetéseket levonni az elemi részecskékre, illetve az erőkre.

Mivel ugyanezek az erők szabályozzák a világegyetemet a Big Bang óta, ezért a **részecskefizika** és a **kozmológia** szoros kapcsolatban vannak egymással és manapság a két legalapvetőbb és legizgalmasabb kutatási területe a fizikának.

Az elmúlt század végére a fizikusok, részben a gyorsítóknak köszönhetően felfedeztek egy csomó részecskét, amelyeket nem lehetett felépíteni, illetve megmagyarázni a kémiai elemeket felépítő protonok, neutronok és elektronok segítségével. Ilyenek pl: müon  $\mu$ , pion  $\pi$ , szigma  $\sigma$ , stb.( instabil részecskék,  $10^{-23}$  s –  $10^{-6}$  s élettartamúak ).

A felfedezett részecskék tulajdonságait megállapították, és csoportokba sorolták őket.

A részecskefizikusok arra voltak kíváncsiak, hogy a sok alapvetőnek tartott részecskét nem lehet-e előállítani néhány még elemibb építőkö segítségével.

A vizsgálatok során kiderítették, hogy a több száz részecske, közöttük a protonok és a neutronok is úgynevezett kvarkokból állnak.

Ma úgy gondolják, hogy ezek az anyag legalapvetőbb építőkövei.

LEPTONOK		KVARKOK	
Ezek a részecskék magukban is léteznek!		Ezek a részecskék csak együtt, kötött állapotban léteznek!	
Töltése = -1	Töltése = 0	Töltése = +2/3	Töltése = -1/3

Ezek alkotják a közönséges anyagot	1. család	ELEKTRON ( $e^-$ )	ELEKTRON NEUTRÍNÓ ( $\nu_e$ )	UP (u) [FEL]	DOWN (d) [LE]
Kozmikus sugárzásban, és részecske gyorsítóknál találhatók. A „Big Bang” utáni pillanatokban is léteztek.	2. család	MÜON ( $\mu^-$ )	MÜON NEUTRÍNÓ ( $\nu_\mu$ )	CHARM (c) [BÁJOS]	STRANGE (s) [FURCSA]
	3. család	TAU ( $\tau^-$ )	TAU NEUTRÍNÓ ( $\nu_\tau$ )	TOP (t) [FELSŐ]	BOTTOM (b) [ALSÓ]

Kiegészítések a táblázathoz:

**ELEKTRON ( $e^-$ ):** Felelős az elektromosságért, valamint a kémiai reakciókért. Tömege =  $0,51 \text{ MeV}/c^2$ .

**MÜON ( $\mu^-$ ):** Az elektron nehezebb rokona. 1937-ben fedezték fel. Tömege =  $0,106 \text{ GeV}/c^2$ .

**TAU ( $\tau^-$ ):** az elektron és a müon nehezebb rokona. 1975-ben fedezték fel. Tömege =  $1,78 \text{ GeV}/c^2$ .

**ELEKTRON NEUTRÍNÓ ( $\nu_e$ ):** Igen ritkán hat kölcsön más anyaggal. 1956-ban figyelték meg.

**MÜON NEUTRÍNÓ ( $\nu_\mu$ ):** Az elektron neutrínó rokona. 1962-ben fedezték fel.

**TAU NEUTRÍNÓ ( $\nu_\tau$ ):** Létezésének indirekt bizonyítéka 1975. Közvetlenül megfigyelték 2000-ben.

**UP [FEL] KVARK (u):** Tömege  $\sim 3 \text{ MeV}/c^2$ .

**CHARM [BÁJOS] KVARK (c):** A FEL kvark nehezebb rokona. 1973-ban fedezték fel. Tömege  $\sim 1,2 \text{ GeV}/c^2$ .

**TOP [FELSŐ] KVARK (t):** A legnehezebb kvark, felfedezése 1994-ben. Tömege  $\sim 175 \text{ GeV}/c^2$ .

**DOWN [LE] KVARK (d):** A LE kvark nehezebb rokona. 1947-ben bizonyított a létezése. Tömege  $\sim 6 \text{ MeV}/c^2$ .

**BOTTOM [ALSÓ] KVARK (b):** Nehezebb rokona a LE és a FURCSA kvarknak. 1977-ben fedezték fel. Tömege  $\sim 4,2 \text{ GeV}/c^2$ .

**A protonok két FEL és egy LE kvarkból állnak.**

**A neutronokban egy FEL és két LE kvark van.**

Az utóbbi időkig úgy gondolták, hogy a neutrínóknak nincs tömegük. Számos, napjainkban végrehajtott kísérlet arra utal, hogy a neutrínóknak mégsem zérus a tömegük.

A táblázatban szereplő összes részecskének van antirészecskéje.

Ha egy részecske és az antirészecskéje találkoznak, akkor megsemmisülnek (annihiláció) és úgynevezett erőhordozó bozonok születnek pl:

$$e^+ + e^- \rightarrow \gamma, \gamma$$

A fenti állításnak a fordítottja is igaz. Egy erőhordozó bozonból egy részecske – antirészecske pár születhet pl:

$$Z \rightarrow b\bar{b} \text{ vagy } \gamma \rightarrow e^+, e^-$$

A közönséges anyag felépítéséhez négy különböző részecske kell: fel kvark, le kvark elektron, elektronneutrínó.

## Mi tartja össze az anyagot?

Az anyagot alkotó részecskék azonban önmagukban még nem elegendőek. Ahhoz, hogy belőlük valóban felépüljön az anyag szükség van valamire ami összetartja, összeragasztja őket. A természetben ezek a ragasztók, a különböző kölcsönhatásokhoz tartozó erők. A négy alapvető kölcsönhatás, illetve erő a következő:

**gravitációs**  
**gyenge**  
**elektromágneses**  
**erős.**

**A jelenlegi elmélet szerint, az erőket is részecskék hordozzák.**

A **gravitáció** a leggyengébb kölcsönhatás, ez felelős pl. a csillagászati objektumok közötti vonzóerőért. Minden részecske között fellép. A gravitációs kölcsönhatás erőhordozó részecskéje a **graviton**, ezt azonban még nem figyelték meg.

A **gyenge** kölcsönhatás felelős a radioaktív  $\beta$  bomlásért. Az erőhordozó részecskék a  $W^+$ ,  $W^-$ , és  $Z$  **bozonok**. 1983-84-ben fedezték fel őket a CERN-ben. A kölcsönhatást minden anyagi részecske érzi.

Az **elektromágneses** kölcsönhatás tartja össze az atomokat, és igen fontos szerepe van a mindennapi életben is. Az erőhordozó részecske a jól ismert **foton**. Minden részecske érzi, kivéve a neutrínók, amik töltetlenek.

Az **erős** kölcsönhatás csak kvarkok között lép fel, ez tartja össze a nukleonokat az atommagban. Az erőhordozó részecskéket **gluonoknak** nevezzük.

Az erő (kölsönhatás)	Erőhordozó részecske (bozon)	Relatív erősség (az atommagban)	Hatótávolság
gravitációs	graviton	$10^{-39}$	végtelen
gyenge	$W^+$ , $W^-$ , $Z$	$10^{-5}$	$10^{-18}$ m
elektromágneses	foton	$10^{-2}$	végtelen
erős	gluon	1	$10^{-15}$ m

Ma tehát a tudósok úgy képzelik, hogy az anyagi részecskék (kvarkok, leptonok között fellépő erők abból származnak, hogy úgynevezett erőhordozó részecskéket, bozonokat cserélnek.

Ha egy kvark vagy egy lepton emittál egy bozont, és azt egy másik kvark vagy lepton elnyeli akkor azt mondjuk, hogy erőhatás lép fel közöttük.

### A Standard Modell

A Standard modell két fajtára osztja a részecskéket, az **anyagot alkotó részecskékre**, illetve az **erőhordozó részecskékre**. Sikeresen írja le a három részecskecsaládot és a három kölsönhatást ( gyenge, elektromágneses, erős ) a közvetítő bozonok segítségével.

A Standard Modell alapján jóslták meg a gyenge kölsönhatás bozonjainak tömegét és egyéb tulajdonságait, és 1983-84-ben megfigyelték a részecskéket a CERN-ben (RUBBIA). Helyességét tehát sok kísérlet igazolja. Van azonban még számos megválaszolatlan kérdés. Nem sikerült egyelőre megfigyelni a Standard Modell által megjósolt Higgs bozont. A Higgs mechanizmus szerint az egész világot ún. Higgs tér tölti ki, és az ezzel való kölsönhatásból származik a részecskék tömege. Azok a részecskék amelyek erősebben hatnak kölsön a Higgs térrel azok nehezebbek, míg a gyengébben kölsönhatóak a könnyebbek. A Higgs tér részecskéjét nevezik Higgs bozonnak. A CERN-ben már épül az úgynevezett Nagy Hadron Ütköztető (Large Hadron Collider LHC) és 2005-re készül el. A kutatók úgy gondolják, hogy az LHC képes lesz a Higgs bozont előállítani, már amennyiben az létezik.

Az fizikusok ma úgy gondolják, hogy az **erőket (kölsönhatásokat) egységes elmélettel lehet leírni**. A feltételezések szerint amikor a világegyetem még fiatal volt és nagyon forró, az erők ugyanúgy viselkedtek és hasonló volt az erősségük. A lehűlés során azonban az erők szétváltak. Az első lépéseket Glashow, Weinberg és Salam tették meg, amikor egyesítették az elektromágneses és a gyengekölsönhatást (elektrogyenge).

A hátralévő feladat tehát az **erős kölsönhatás és a gravitáció**, – a legerősebb és a leggyengébb kölsönhatás – **egyesítése az elektrogyenge kölsönhatással**.

Ez az egyik legnagyobb kihívás napjaink fizikusai számára.