

Bevezetés a részecskefizikába

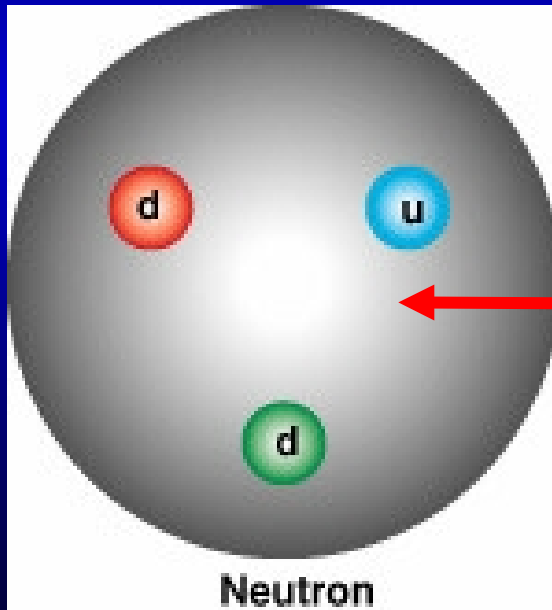
Kölcsönhatások



Kölcsönhatás	Erősség	Hatótávolság (m)	Közvetítő	Közvetítő tömege (GeV/c^2)
<u>erős</u>	1	10^{-15}	gluonok (8 féle)	0
<u>elektromágneses</u>	10^{-2}	végtelen	foton	0
<u>gyenge</u>	10^{-5}	10^{-18}	$W^+ W^- Z^0$	80, 80, 91
<u>gravitációs</u>	10^{-38}	végtelen	graviton	0

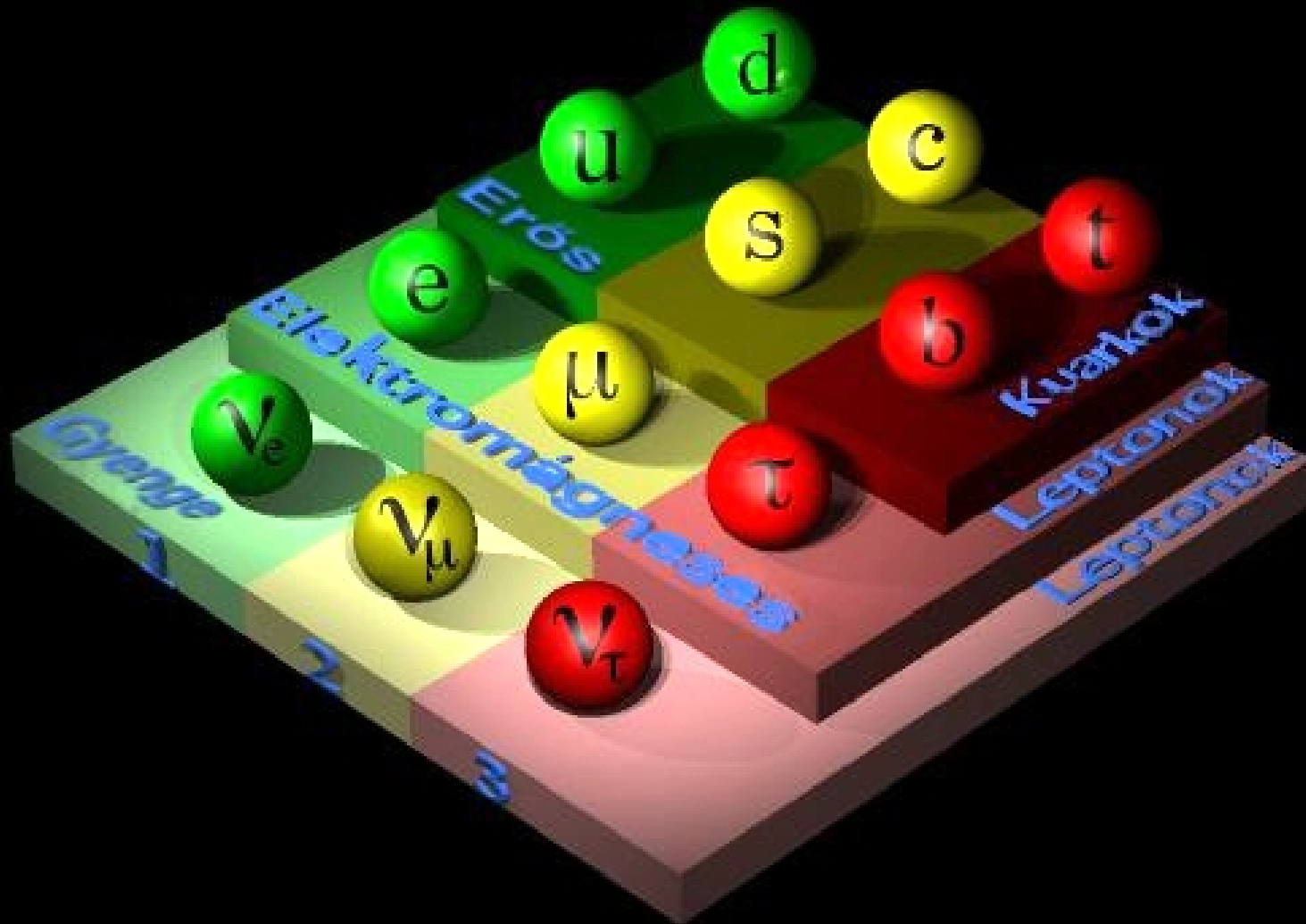
Az atommag felépítése

Az atommag pozitív töltésű
protonokból (p) és semleges neutronokból (n) áll.
A protonok és neutronok kvarkokból + gluonokból állnak.
A kvarkok „színtöltést” hordoznak



A kvarkokat
gluonok
„ragasztják”
össze

Részecskecsaládok



+ antirészecskék

Részecskecsaládok bővebben

Fermionok

Kvarkok	2.4 MeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	1.27 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ c charm	171.2 GeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ t top	0 0 1 γ foton
	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 g gluon
	<2.2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e elektron neutrínó	<0.17 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ müön neutrínó	<15.5 MeV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrínó	91.2 GeV 0 1 Z^0 gyenge
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ müön	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	80.4 GeV ± 1 1 $W^\pm$ gyenge
Leptonok				Bozonok

**A Standard Modell
elemi részecskéi**

**Segítségükkel +
antirészecskéikkel
az összes ismert
„elemi” részecske
kirakható**

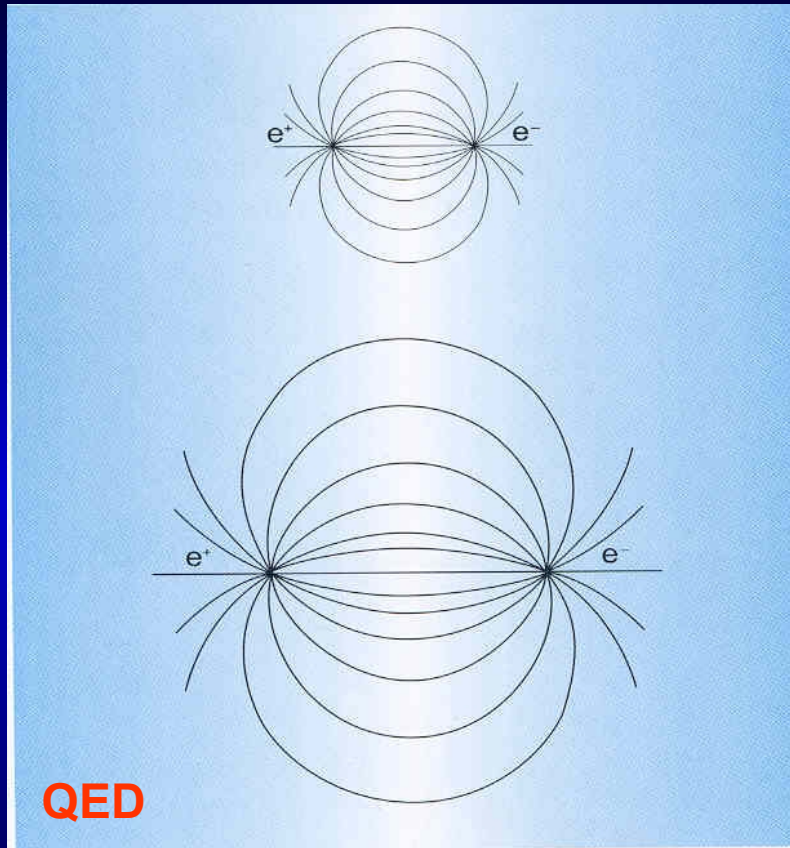
Részecskék és antirészecskék

Részecske	elektromos töltés (e)	bariontöltés	leptontöltés
elektron	-1	0	1
elektronneutrínó	0	0	1
u	2/3	1/3	0
d	-1/3	1/3	0

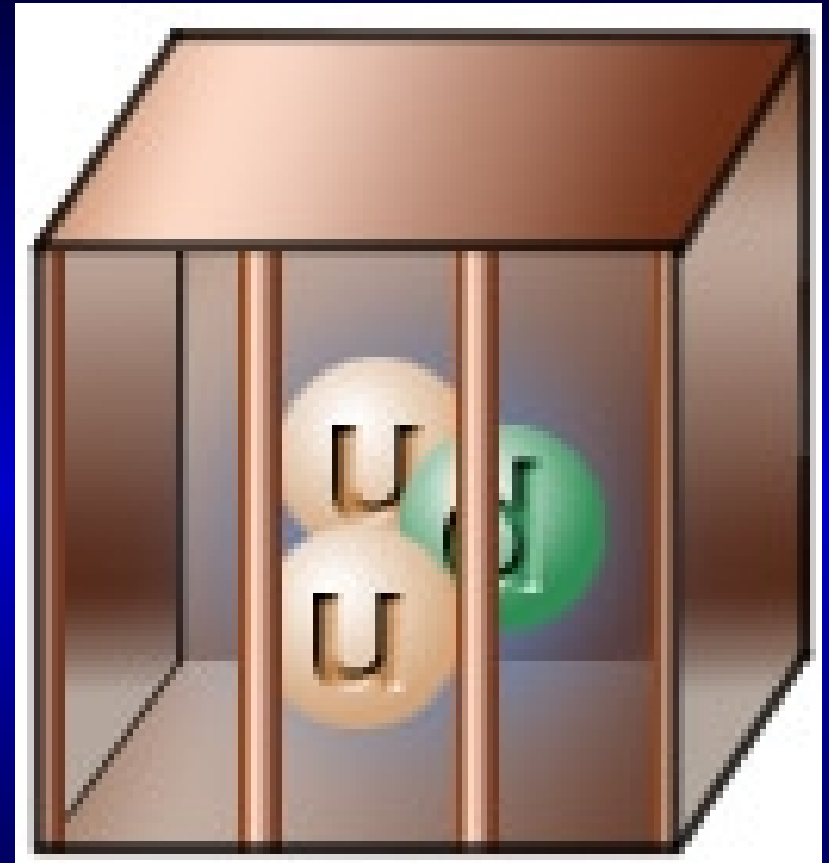
Antirészecske	elektromos töltés (e)	bariontöltés	leptontöltés
pozitron (e^+)	+1	0	-1
anti-elektronneutrínó ($\bar{\nu}_e$)	0	0	-1
$\bar{u}$	-2/3	-1/3	0
$\bar{d}$	+1/3	-1/3	0

Erős kölcsönhatás

Kvarkbezárás – aszimptotikus szabadság



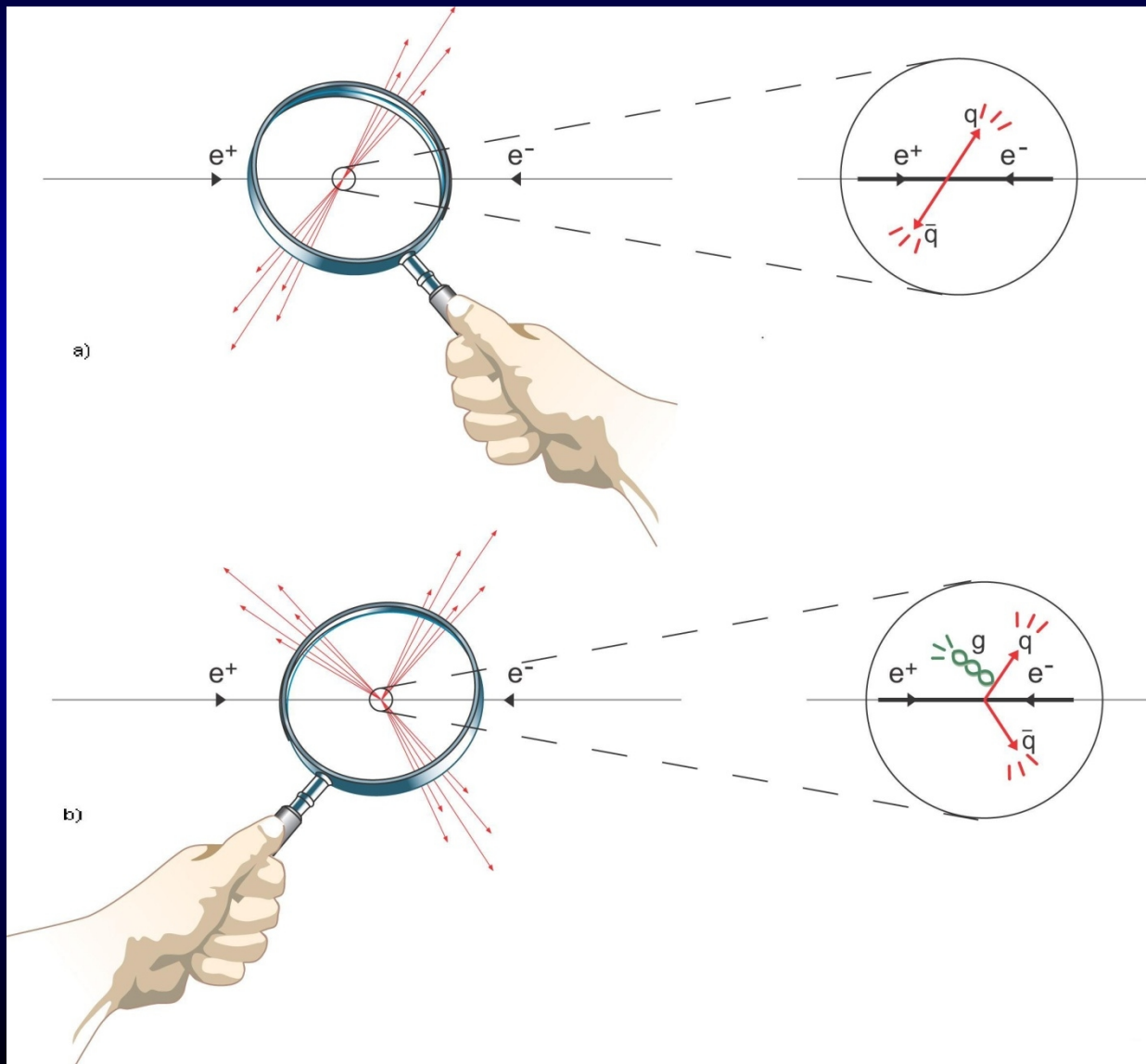
ELEKTRODINAMIKA
Elektromosság, töltések



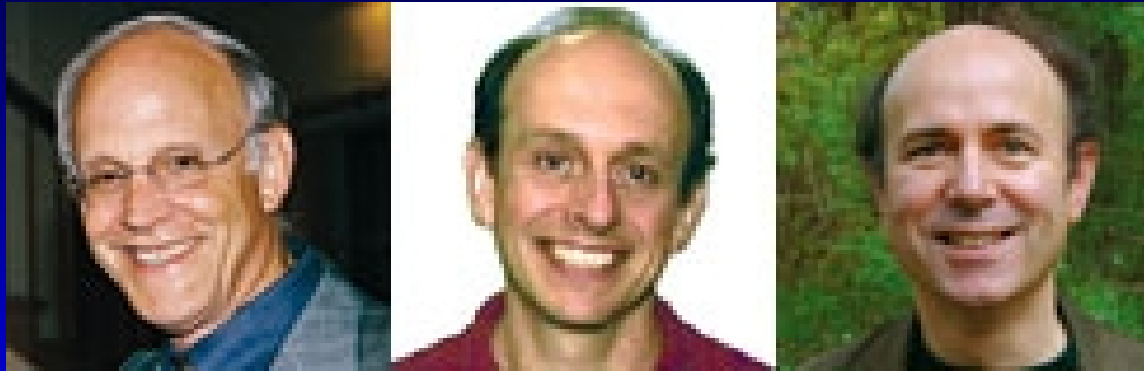
KVANTUMSZÍNDINAMIKA
Erős kölcsönhatás, kvarkok

... ma már nincsenek szabad kvarkok...

2 és 3 részecskesugár (jet) és a kvarkok aszimptotikus szabadsága



2004-es fizikai Nobel-díj a kvarkok aszimptotikus szabadságáért

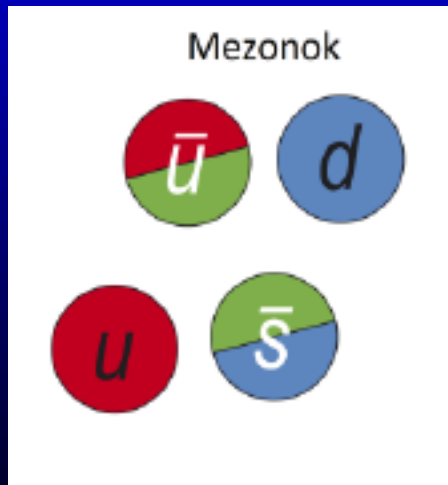
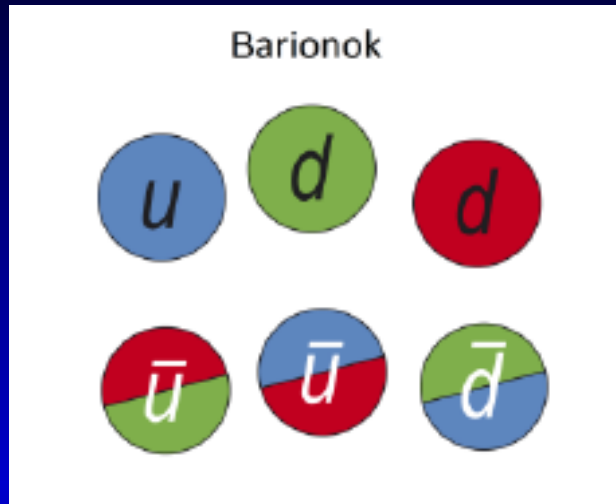


David J. Gross

H. David Politzer

Frank Wilczek

Barionok, mezonok, antibarionok



A hadronok felépítése

**Hadron: erősen kölcsönható
„elemi” részecske**

Színsemleges („fehér”)

Barionok: (q, q, q)

Mezonok: $(q, \bar{q})$

Antibarionok: $(\bar{q}, \bar{q}, \bar{q})$

Néhány mezon nevezéktana

Kvarkösszetétel	Név	Szimbólum
$u \bar{d}$	pozitív pion	π^+
$u \bar{u}$	semleges pion ¹	π^0
$d \bar{d}$	semleges pion ¹	π^0
$\bar{u} d$	negatív pion	π^-
$u \bar{s}$	pozitív kaon	K^+
$d \bar{s}$	semleges kaon	K^0
$\bar{d} s$	semleges antikaon	$\bar{K}^0$
$\bar{u} s$	negatív kaon	K^-
$s \bar{s}$	éta mezon ²	η^0

Mezonok: $(q, \bar{q})$

**Az u, d és az s
kvarkokból álló
pszeudoskalár
(legkönnyebb)
mezonok felépítése**

Néhány barion nevezéktana

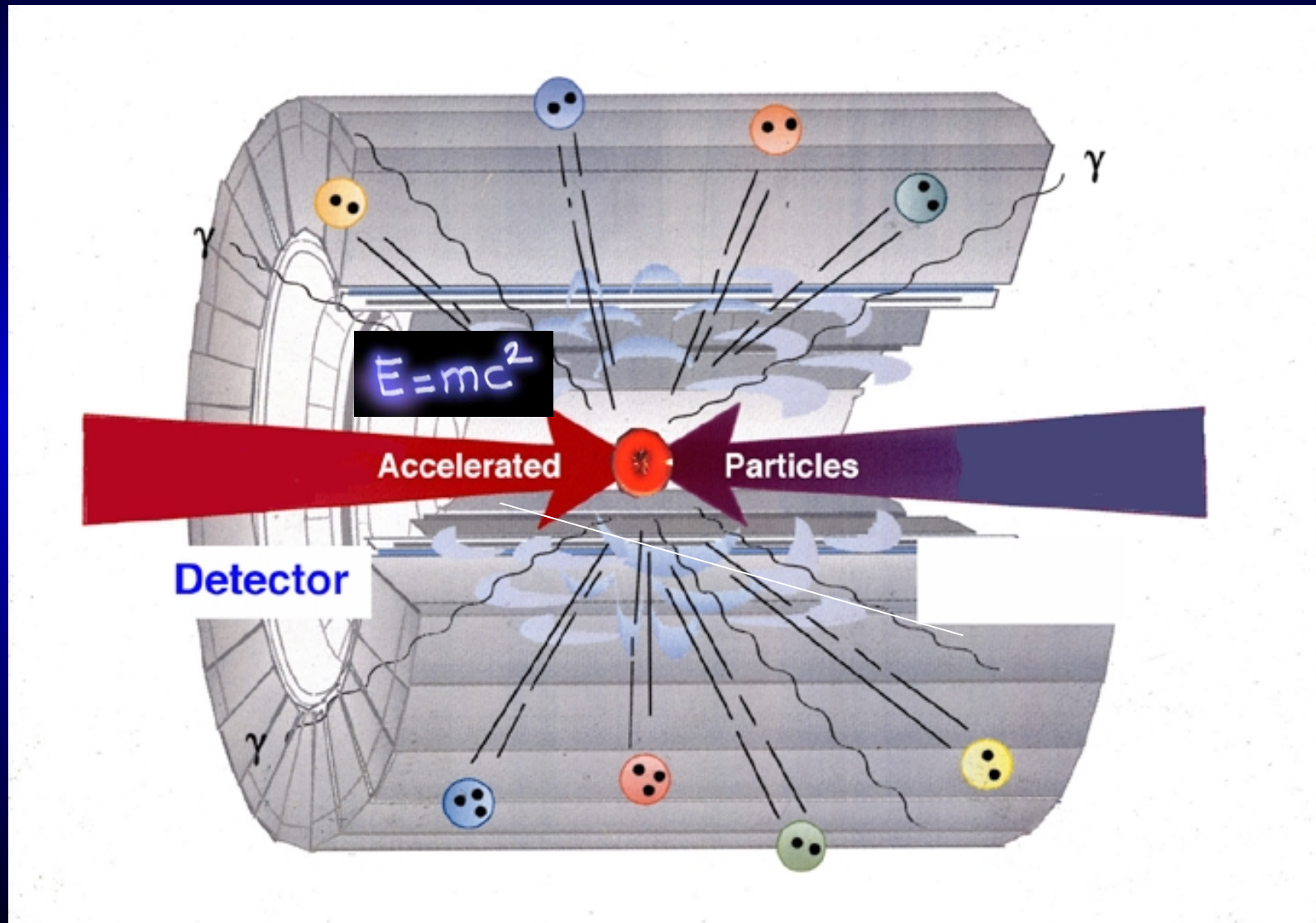
Kvarkösszetétel	Név	Szimbólum	JP
uuu	Delta ++	Δ^{++}	$3/2+$
uud	Proton	p^+	$1/2+$
	Delta +	Δ^+	$3/2+$
udd	neutron	n^0	$1/2+$
	Delta 0	Δ^0	$3/2+$
ddd	Delta -	Δ^-	$1/2+$
uus	Szigma +	Σ^+	$1/2+, 3/2+$
uds	Lambda 0	Λ^0	$1/2+$
	Szigma 0	Σ^0	$3/2+$
dds	Szigma -	Σ^-	$1/2+, 3/2+$
dss	Kszi 0	Ξ^0	$1/2+, 3/2+$
dss	Kszi -	Ξ^-	$1/2+, 3/2+$
sss	Omega -	Ω^-	$3/2+$

Barionok: (q, q, q)

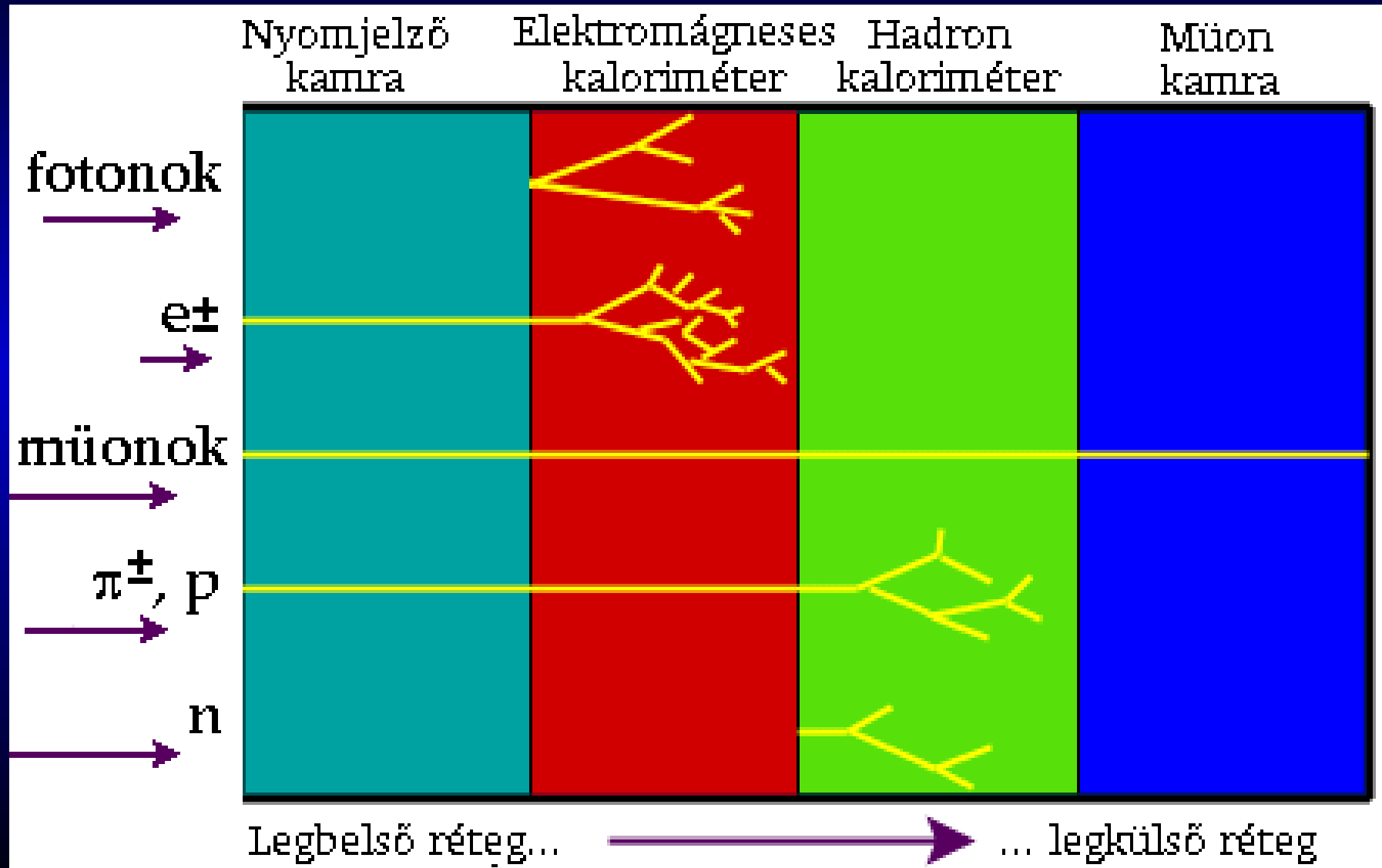
**Az u, d és az s
kvarkokból álló
legkönnyebb
barionok felépítése**

Kísérleti részecskefizika

Ütközőnyalábos detektor



Részecskék a detektorban

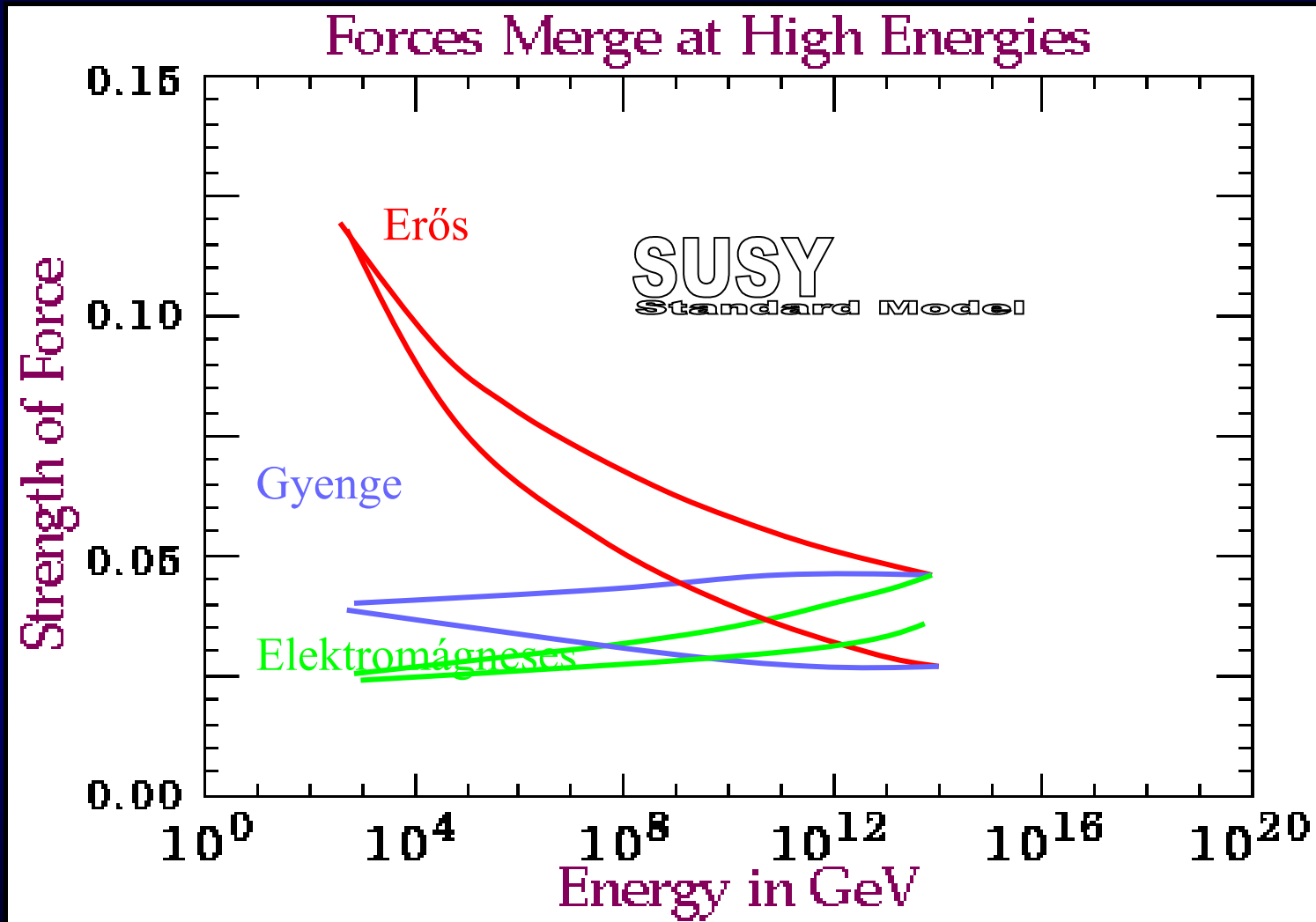


Csatolás, SUSY

A csatolási „állandó”

- A részecskék között az erőket részecskék (bozonok) közvetítik.
- Két részecske közötti erő függ attól, hogy milyen valószínűséggel bocsátanak ki közvetítőrészecskét.
- És milyen valószínűséggel nyelnek el.
- A két valószínűség (g) megegyezik. Az erő g^2 -tel arányos. Az $\alpha = g^2 / 4\pi$ neve csatolás.
- Más-más értékű különböző kölcsönhatások esetén

A „futó” csatolás



A „szuperszimmetria”

Kétféle részecske van a természetben: fermion és bozon.

A fermionok feles spinűek, és nem lehet azonos állapotban két fermion. Mindig egyágyas szobát foglalnak a fermion holtelben.

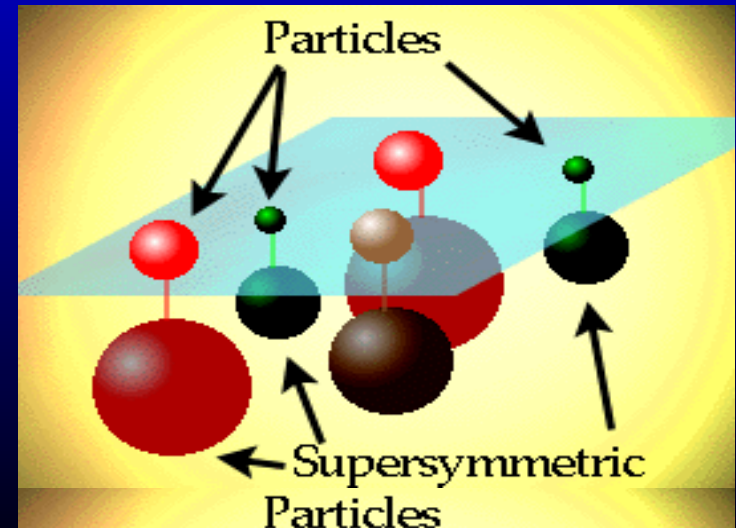


A bozonoknak (nulla vagy pozitív) egész spinjük van, és akárhányan képesek egy szobában aludni.



A szuperszimmetria szerint minden fermionnak létezik egy bozon párja és fordítva.

Szuperszimmetrikus partnereket még nem találtak, bizonyára nehezek. A SUSY-t valamilyen hatás megbontja?



SM → MSSM részecskék családjai?

Fermionok			
Kvarkok	2.4 MeV $\frac{2}{3}$ u up	1.27 GeV $\frac{2}{3}$ c charm	171.2 GeV $\frac{2}{3}$ t top
	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	104 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom
	<2.2 eV $\frac{1}{2}$ ν_e elektron neutrínó	<0.17 MeV $\frac{1}{2}$ ν_μ müon neutrínó	<15.5 MeV $\frac{1}{2}$ ν_τ tau neutrínó
Leptonok	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	105.7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ müon	1.777 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ tau
Bozonok			
0 $\frac{1}{2}$ γ foton			
0 $\frac{1}{2}$ g gluon			
91.2 GeV 0 $\frac{1}{2}$ Z gyenge			
80.4 GeV ± 1 $\frac{1}{2}$ W gyenge			

SUSY

gluonok → gluinók

kvarkok → skvarkok

leptonon → sleptonok

fermionok ↔ bozonok

szép elmélet, de a

kísérleti alapja

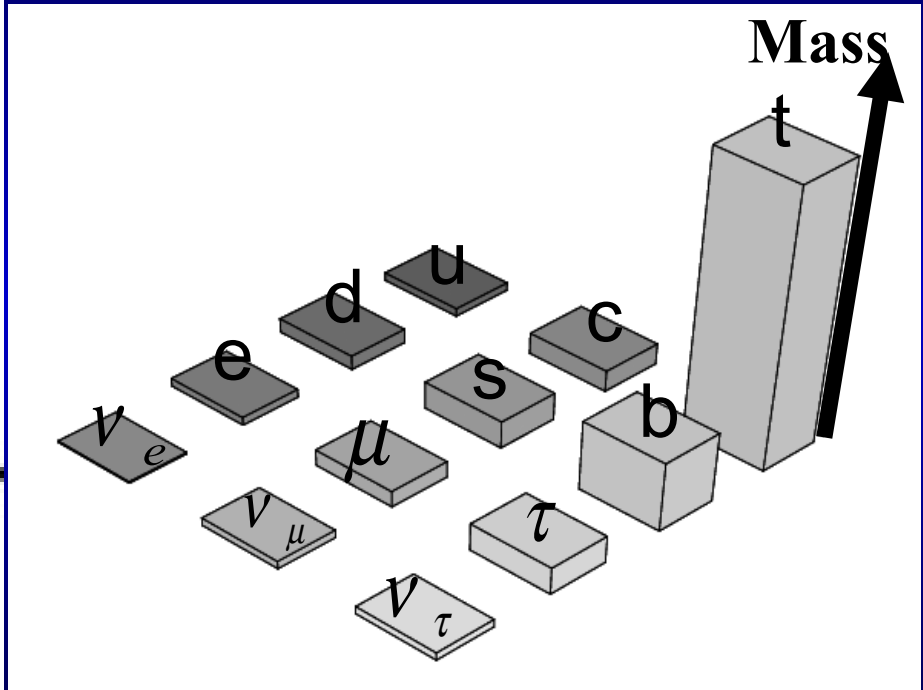
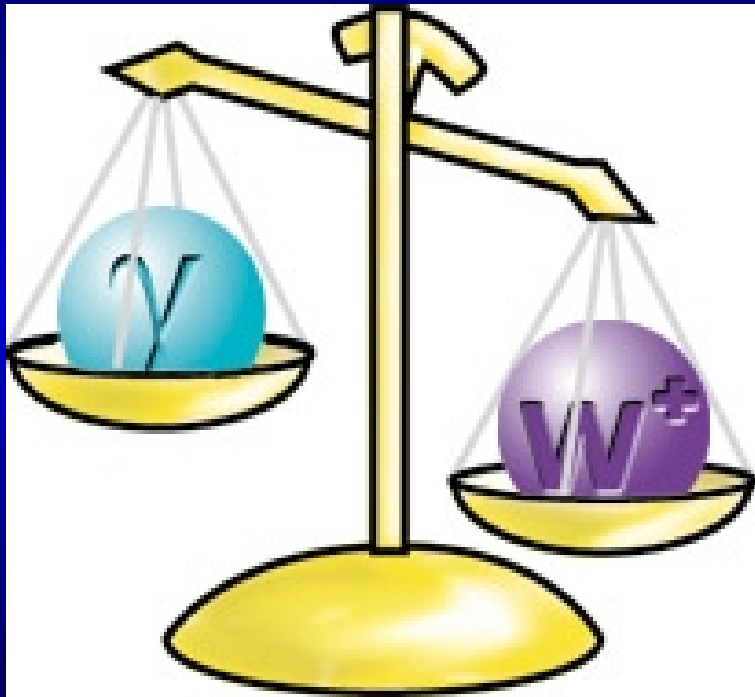
nincs meg. LHC?

Kitekintés a húrelméletre

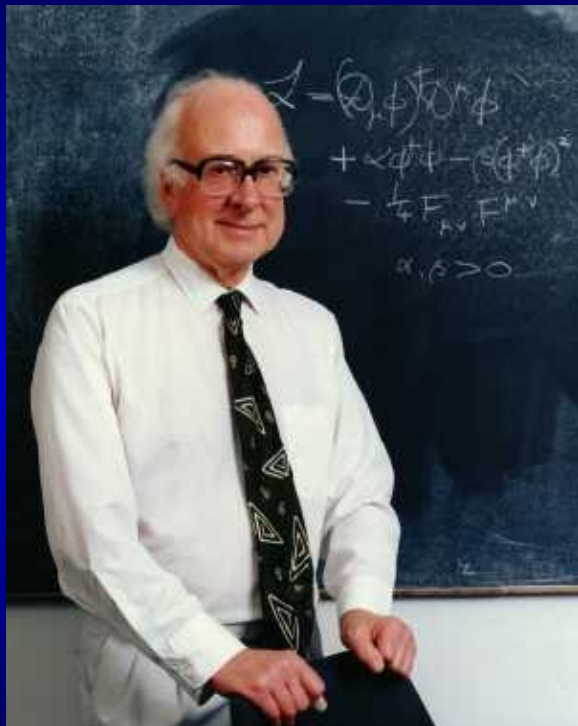
- a részecskéket pici húroknak tekinti
- kísérlet a kvantummechanika és a relativitáselmélet egyesítésére
- bonyolult matematika
- a SUSY-eredetileg ebből jön, de a standard modellbe is beilleszthető
- ...
- egyelőre nincs túl sok ellenőrzési lehetőség

Higgs, LHC

A részecskék tömegének eredete?



A Higgs-bozon



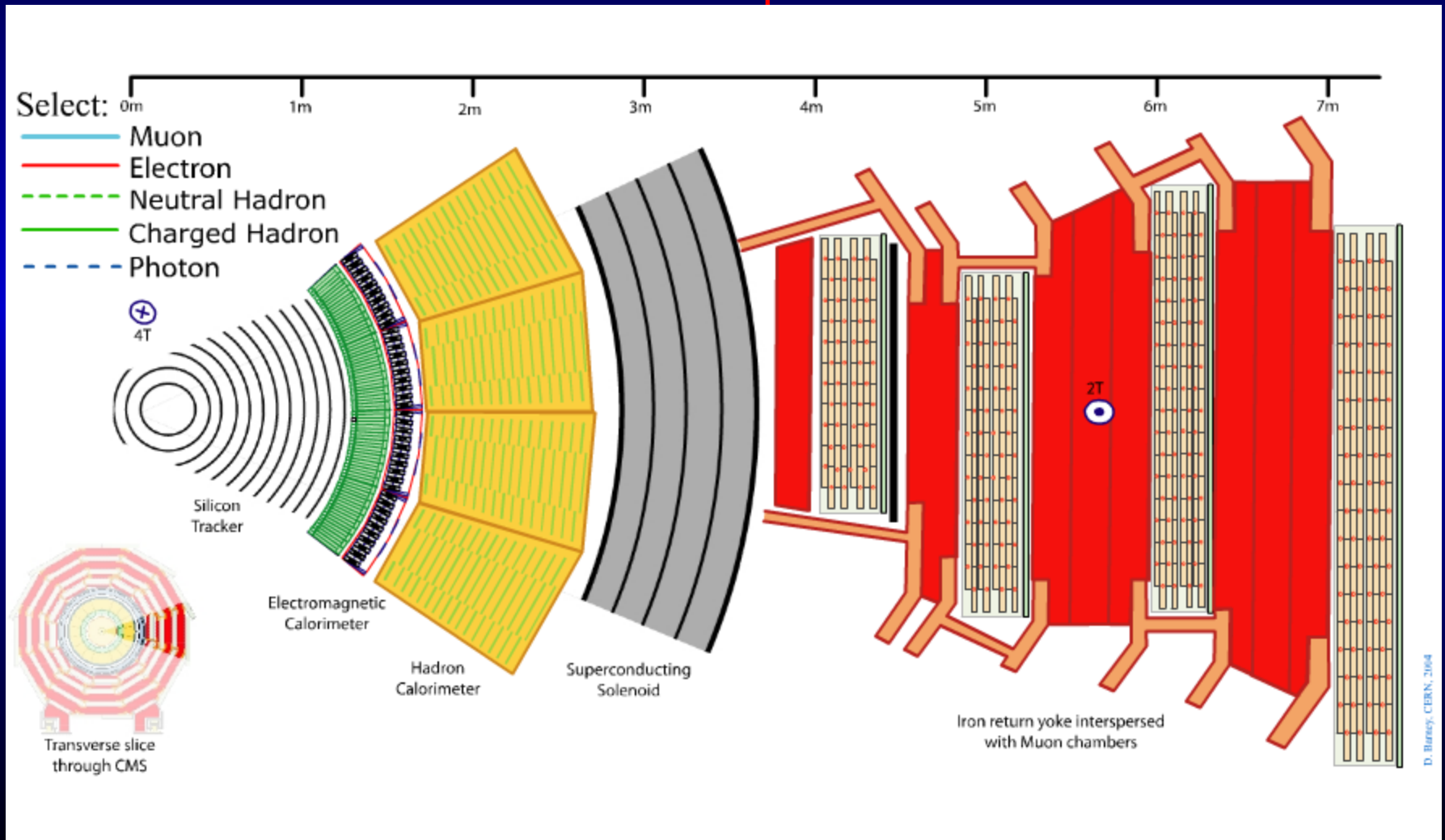
A Standard Modell szerint a tömeget egy - Peter Higgs, angol fizikus után Higgs-mechanizmusnak nevezett - hatás hozza létre. Ez az elmélet feltételez egy újabb részecskét, a Higgs-bozont.

A CMS detektor egy szelete

(a gyorsítócső merőleges erre a síkra)

Kattintás a részecsketípuson: animáció

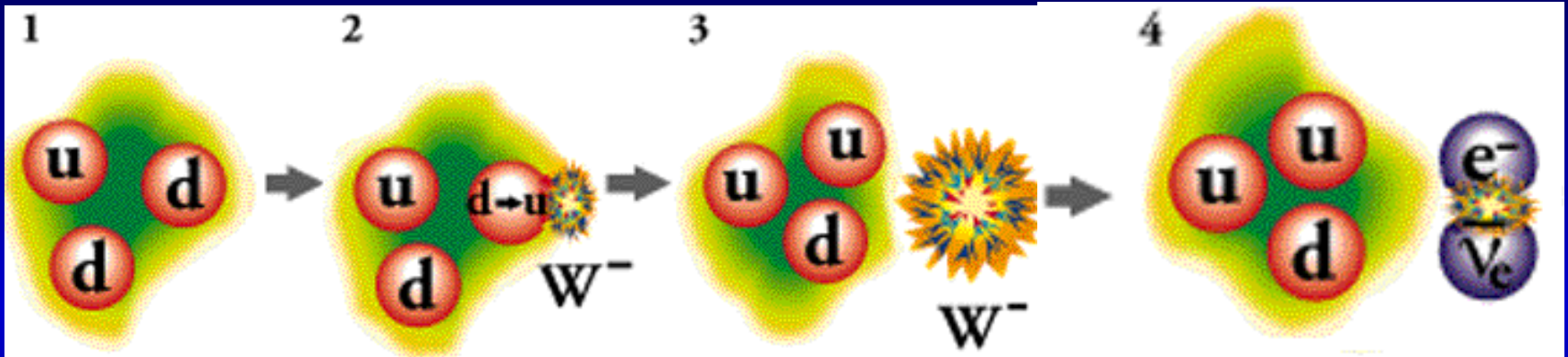
Esc: kilépés



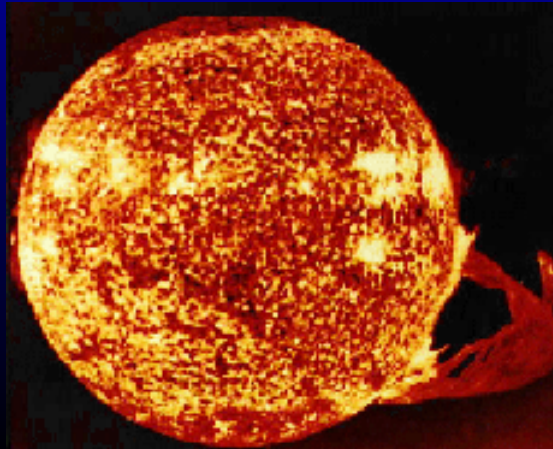
A neutrínók

A gyenge kölcsönhatás

A (szabad) neutron radioaktív, 15 perc alatt protonra, elektronra és neutrínóra bomlik



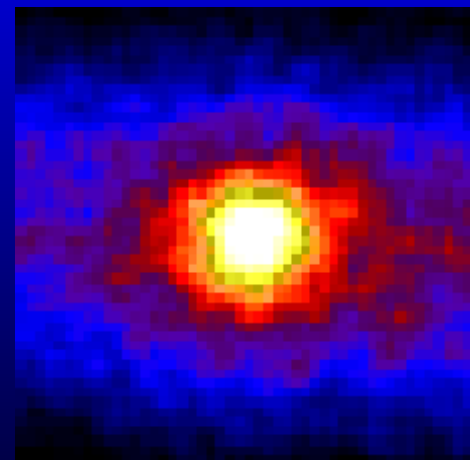
A bomlás nagyon lassú (15 perc rendkívül hosszú idő bomlásoknál)
Ezeknélkül a gyenge folyamatok nélkül a Nap leállna!



Neutrínók a Napból

Kérdés: Hány napból jövő neutrínó halad át a körmünkön egy másodperc alatt?

Válasz: 40 milliárd! – éjjel és nappal, mivel a neutrínók képesek áthatolni a Földön kölcsönhatás nélkül



A Napról föld alatt készített kép neutrínókkal

A Napneutrínó „rejtély”

Harmadannyi neutrínót észleltek, mint a Nap modellezéséből jön (1956, Davis)
(Marx György: Hova tűnt a Nap az égről?)

Mi lehet az oka?

1. Rossz lenne a csillagmodell?
2. Neutrínóoszilláció (1964, többféle neutrínó): R. J. Davis Jr, M. Koshiba: fizikai Nobel díj (2002) → J-PARC
3. A Nap anyaga alakítja át ??

Mit adott a világnak a részecskefizika?

Az alapvető fizikai ismereteken túl:

A WWW grafikus világa

Valós idejű digitális adatfeldolgozás

Szuperszámítógép clusterek (GRID)

Szupravezető mágnesek

Alagútfúrás tökéletesítése (Csalagút)

**Alapvető ismeretek → alkalmazás,
technológia transzfer**

...