

# AZ ELEMI RÉSZECSKÉK ÉS ALAPVETŐ KÖLCSÖNHATÁSOK Standard Modellje

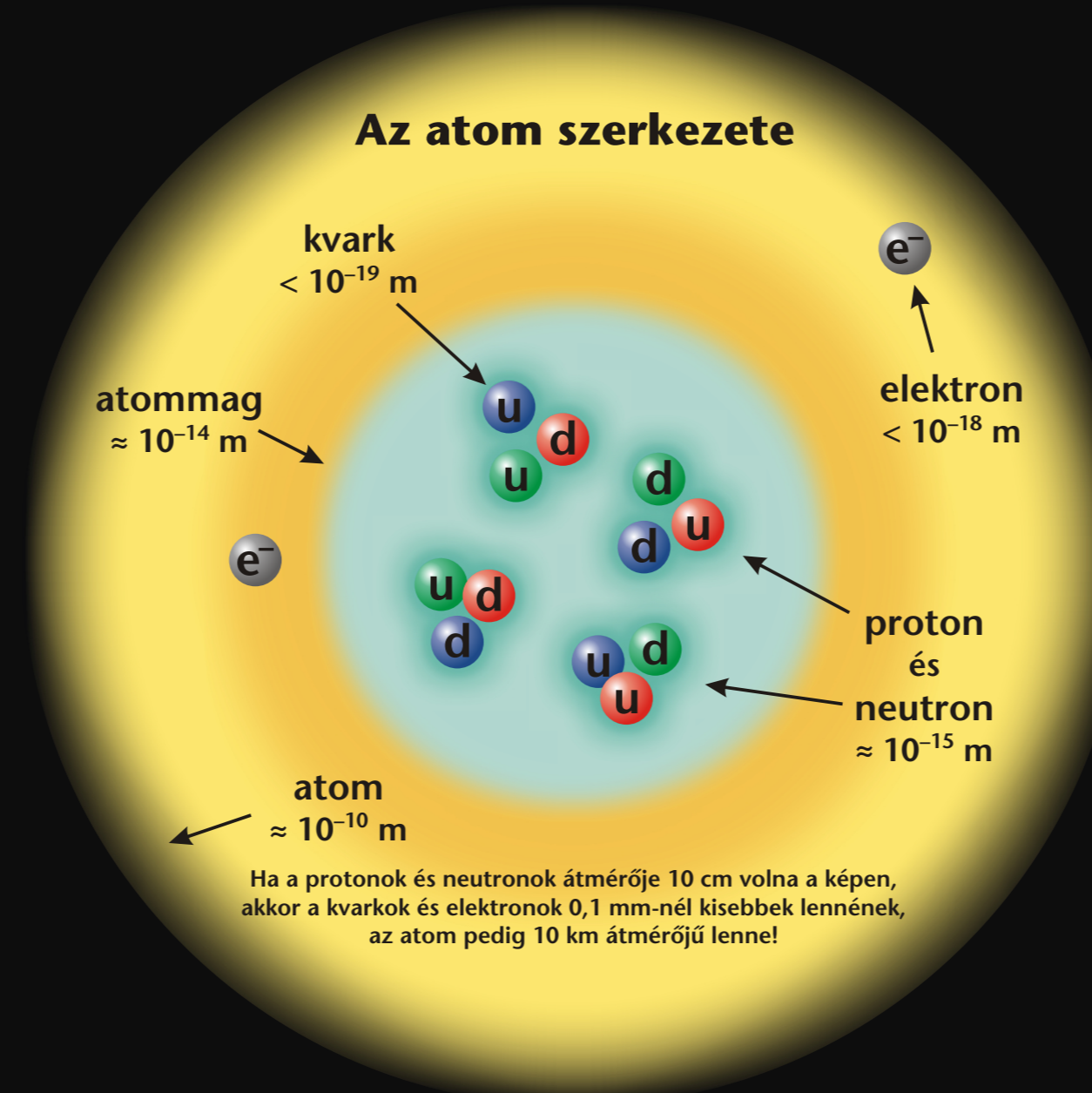
Az elemi részecskékre és alapvető kölcsönhatásokra vonatkozó jelenlegi legpontosabb ismereteinket összegzi a Standard Modell, amely az erős és egyesített elektromgyenge kölcsönhatások elmélete. A gravitáció, jóllehet alapvető kölcsönhatás, nem része a Standard Modellnek.

## Fermionok – az anyag építőkövei, spinjük: 1/2, 3/2, 5/2, ...

kvarkok (spin = 1/2)			leptonok (spin = 1/2)		
jel/íz	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés	jel/íz	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés
<b>u</b> up	0,003	2/3	$\nu_e$ elektron neutrínó	< 10 <sup>-8</sup>	0
<b>d</b> down	0,006	-1/3	<b>e</b> elektron	0,000511	-1
<b>c</b> charm	1,3	2/3	$\nu_\mu$ müion neutrínó	< 0,0002	0
<b>s</b> strange	0,1	-1/3	$\mu$ müion	0,106	-1
<b>t</b> top	175	2/3	$\nu_\tau$ tau neutrínó	< 0,02	0
<b>b</b> bottom	4,3	-1/3	$\tau$ tau	1,7771	-1

**Spin:** A spin a részecske saját impulzusmomentuma. A spint  $\hbar$  egységekben adjuk meg, ahol  $\hbar = h/2\pi = 6,58 \cdot 10^{-25} \text{ GeVs} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ .

**Töltés:** A töltéseket proton-töltés egységeiben adjuk meg. A proton töltése  $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$ .



## Bozonok – a kölcsönhatások közvetítői, spinjük: 0, 1, 2, ...

erős – szín (spin = 1)			elektromgyenge (spin = 1)		
jel/név	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés	jel/név	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés
<b>g</b> gluon	0	0	$\gamma$ foton	0	0
			<b>W</b> W bozon	80,1	-1
			<b>W<sup>+</sup></b>	80,1	1
			<b>Z<sup>0</sup></b> Z-null bozon	91,187	0

**Szín-töltés:** A kvarkok és gluonok „szín-töltést” hordoznak. A kvarkok 3, a gluonok 8 féle „színűek” lehetnek. A szín-töltések között ható alapvető erős kölcsönhatás barionokba és mezonokba „zárja” a kvarkokat.

**Tömeg:** A részecskefizikában az energiát elektronvoltban (eV), a tömeget GeV/c<sup>2</sup> egységekben ( $E = mc^2$ ) mérik.  $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ . A proton tömege  $0,938 \text{ GeV}/c^2 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

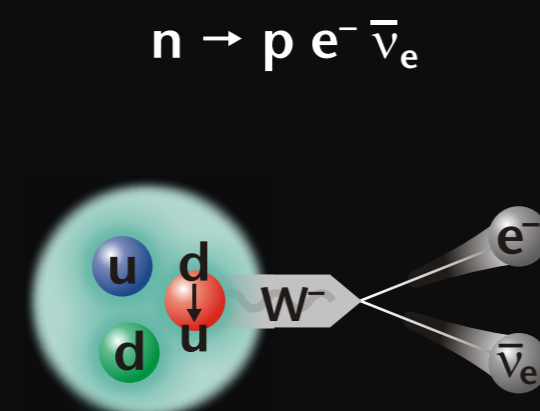
**A visszamaradó erős kölcsönhatás** a színsemleges nukleonok között hat (ez felelős a „magerőkért”), jellegében a Van der Waals-kölcsönhatáshoz hasonlít.

## Fermionikus hadronok

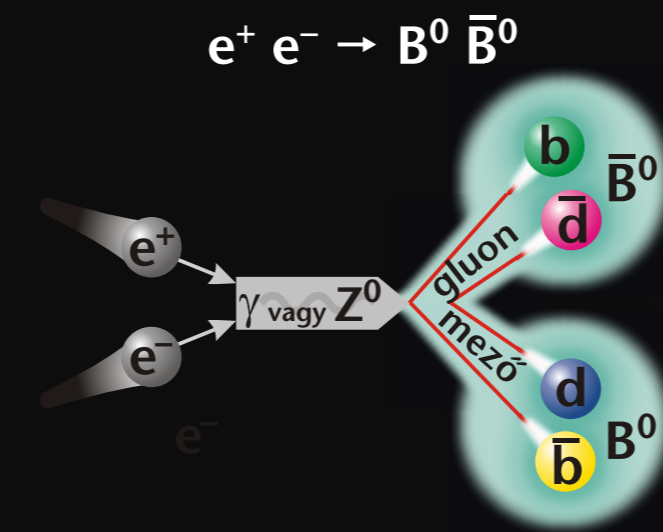
barionok (qqq) és antibarionok ( $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$ ) – több száz ismert barion van				
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés	spin
<b>p</b> proton	uud	0,938	1	1/2
$\bar{p}$ anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	0,937	-1	1/2
<b>n</b> neutron	udd	0,940	0	1/2
$\Lambda$ lambda	uds	1,116	0	1/2
$\Omega$ omega	sss	1,672	-1	3/2

**Antianyag:** A részecskének általában van „antirészecskéje”, amely azonos tulajdonságú, de ellentétes töltésű, mint a részecske. Néhány elektromosan semleges részecske, mint például a Z-null bozon, a gamma-foton, vagy az eta-c mezon megegyezik saját antirészecskéjével.

**Az ábrákról:** Az ábrák a jellemző fizikai folyamatokat csak szemléltetik, hozzájuk értelmes módon skálát rendelni nem lehet. A zöld tartományok a gluonok felhőjét, illetve mezejét, a piros vonalak a kvarkok pályáját mutatják.

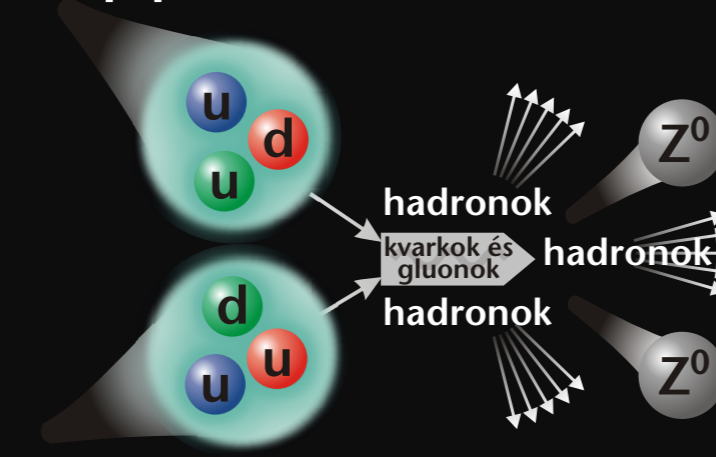


Egy neutron protonra, elektronra és antineutrínóra bomlik egy virtuális W-bozon közvetítésével. Ez a béta-bomlás.



Nagy energiájú elektron–pozitron ütközésben való B<sup>0</sup>–anti-B<sup>0</sup> keltés, gamma-foton vagy Z<sup>0</sup>-bozon közvetítésével.

$$p p \rightarrow Z^0 Z^0 + \text{hadronok}$$



Nagy energiájú protonok ütközésekor keletkezhetnek hadronok és nehéz részecskék, például Z-bozonok.

## A kölcsönhatások tulajdonságai

tulajdonság	erős		gyenge	elektromágneses (elektromgyenge)	gravitációs (nem az SM része)
	alapvető	visszamaradó			
amire hat	szín-töltés	lásd magyarázat	íz	elektromos töltés	tömeg, energia, impulzus
ezek a részecskék érzik	kvarkok, gluonok	hadronok	kvarkok, leptonok	elektr. töltötték	minden
közvetítő részecske	gluonok	mezonok	W és Z-null bozon	foton	graviton (még nem figyelték meg)
relatív erősség két up kvarkra	25	–	0,8	1	10 <sup>-41</sup>
	60	–	10 <sup>-4</sup>	1	10 <sup>-41</sup>
két proton az atommagban	–	20	10 <sup>-7</sup>	1	10 <sup>-36</sup>

## Barionikus hadronok

mezonok (q $\bar{q}$ ) – több száz ismert mezon van				
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elektr. töltés	spin
$\pi^+$ pion	$u\bar{d}$	0,140	1	0
<b>K</b> kaon	$s\bar{u}$	0,494	-1	0
$\rho^+$ ró	$u\bar{d}$	0,770	1	1
<b>B<sup>0</sup></b> B-null	$d\bar{b}$	5,279	0	0
$\eta_c$ eta-c	$c\bar{c}$	2,980	0	0

Az eredeti posztert a **Contemporary Physics Project** (<http://CPEP.org.web>) készítette. A magyar változat **Somogyi Gábor** és **Kármán Tamás** munkája.

Megjelent a **Fizikai Szemle** mellékleteként, tetszőleges méretre nagyítható változata letölthető a <http://fizikaiszemle.hu> honlapról.

Köszönetünket fejezzük ki a megjelenést támogató **Paksi Atomerőmű Zrt.**-nek.