

# Részecskefizika játékos tanítása

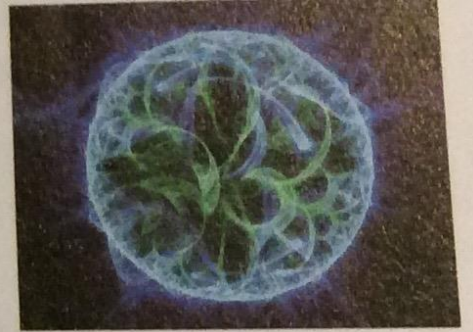


Avagy, hogyan építsünk  
atomfizikát?

Dr. Oláh Éva Mária  
Bozzay Pál Német Nemzetiségi nyelvoktató Általános Iskola  
Wigner Fizikai Kutatóközpont

# Matematika 8. évfolyam (MOZAIK)

- \*4. Az alábbi igaz állítások a részecskékre vonatkoznak. Készítsük el az állítások alapján a részecskék halmazábráját!
- Minden részecske fermion vagy bozon.
  - Egyetlen fermion sem bozon.
  - A mezonok azok a hadronok, amelyek bozonok.
  - Azok a hadronok, amelyek fermionok, a barionok.



# Részecskefizika a tanmenetben

## Tanmenet

60.	<b>12. Néhány gondolat a részecskefizikáról (kiegészítő anyag)</b> Sok kicsi sokra megy!	A részecskék és kölcsönhatások általános elmélete. Standard modell. Elemi részecskék – mikrorészecskék. A gyorsítók és szerepük a mikrovilág megismerésében.	Kiselőadások, poszterek, táblázatok készítése. Gyorsító típusok ismertetése, hazai és külföldi kutatóintézetek bemutatása.	Videofilmek, animációk, ábrák, táblázatok.
-----	---	---	---	--

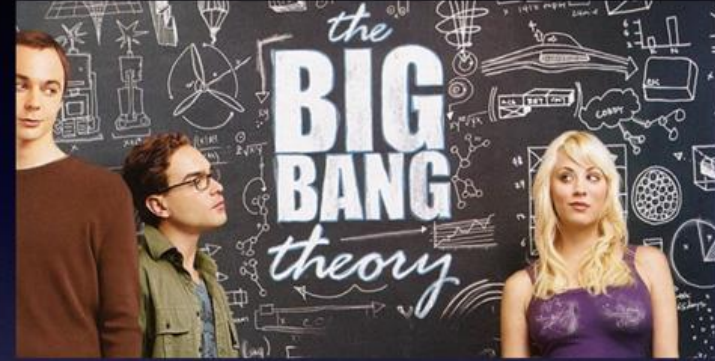
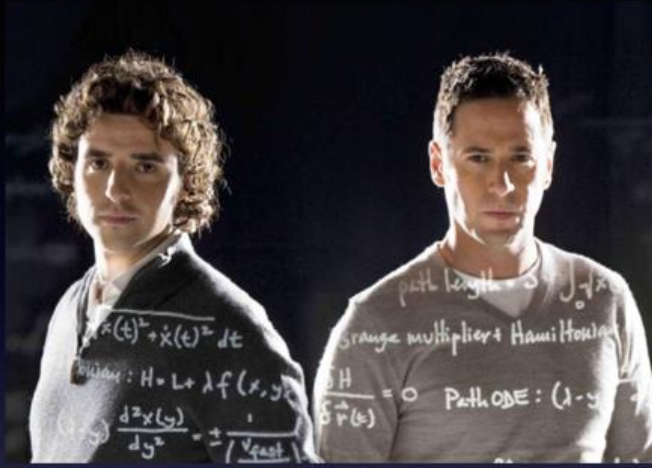
- 71. Alapvető kölcsönhatások
- 72. Néhány részecske felfedezése
- 73. Részecskegyorsítók
- 74. A részecskék rendszerezése

<i>Ismeretek:</i> Építőkövek: proton, neutron, kvark. A tömeghiány fogalma. Az atommagon belüli kölcsönhatások.	felismerése, az ésszerű kockázatvállalás felmérése. Az atom-, neutron-, hidrogénbomba pusztító erejének, hosszú távú hatásainak felismerése.	Nagaszakira ledobott két atombomba története, politikai háttere, későbbi következményei, az
--	---	---

<b>Problémák, jelenségek, gyakorlati alkalmazások, ismeretek</b>	<b>Követelmények</b>	<b>Kapcsolódási pontok</b>
<i>Az atommag alkotórészei, tömegszám, rendszám, neutrons szám.</i>	A tanuló ismerje az atommag jellemzőit (tömegszám, rendszám) és a mag alkotórészeit.	<i>Kémia:</i> Atommag, proton, neutron, rendszám, tömegszám,



# A média viszont foglalkozik vele



**index**

CANNES COMPUTEX 2017

BELFÖLD KÜLFÖLD GAZDASÁG TECH TUDOMÁNY KULT SPORT VÉLEMÉNY

⚡ MINDEKÖZBEN 2017. JANUÁR 30-ÁN



STÖCKERT GÁBOR • TUDOMÁNY

JANUÁR 30.,

Kiállítják a nyestet, amit az LHC részecskegyorsító ölt meg

**index**

CANNES COMPUTEX 2017

BELFÖLD KÜLFÖLD GAZDASÁG TECH TUDOMÁNY KULT SPORT VÉLEMÉNY

TUDOMÁNY LHC LHC RÉSZECSEGYORSÍTÓ RÉSZECSEFIZIKA ALICE ŐSANYAG KVARK GLUON PLAZMA

## Mini űsrobbanások az LHC-ben

**ORIGO**

ITTHON NAGYVILÁG GAZDASÁG SPORT TÉVÉ FILMKLUB TUDOMÁNY MÉG T

TUDOMÁNY

## A világ legnagyobb esőmérője lehet a nagy hadronütköztető

# Röpdolgozat 😊

## RÉSZECSEFIZIKA TOTÓ

OKOSABB VAGYOK, MINT EGY „RÉSZECSEFIZIKUS”?

😊 AKKOR INKÁBB TOTÓZZUNK! 😊

1. Minek a rövidítése az LHC?

.....

2. Mire adták a 2013-as fizikai Nobel-díjat?

.....

3. Állítsa erősségük szerint növekvő sorrendbe az alapvető kölcsönhatásokat!

.....

4. Mit nevezünk bozonnak?

.....

5. Írja fel a neutron béta-bomlásának reakcióegyenletét!

# Ismeretlen ismerősök?

PROTON



BOZON



HADRON



NEUTRON

ELEKTRON

MEZON



BARION



POZITRON

LEPTON

ANTINEUTRINO

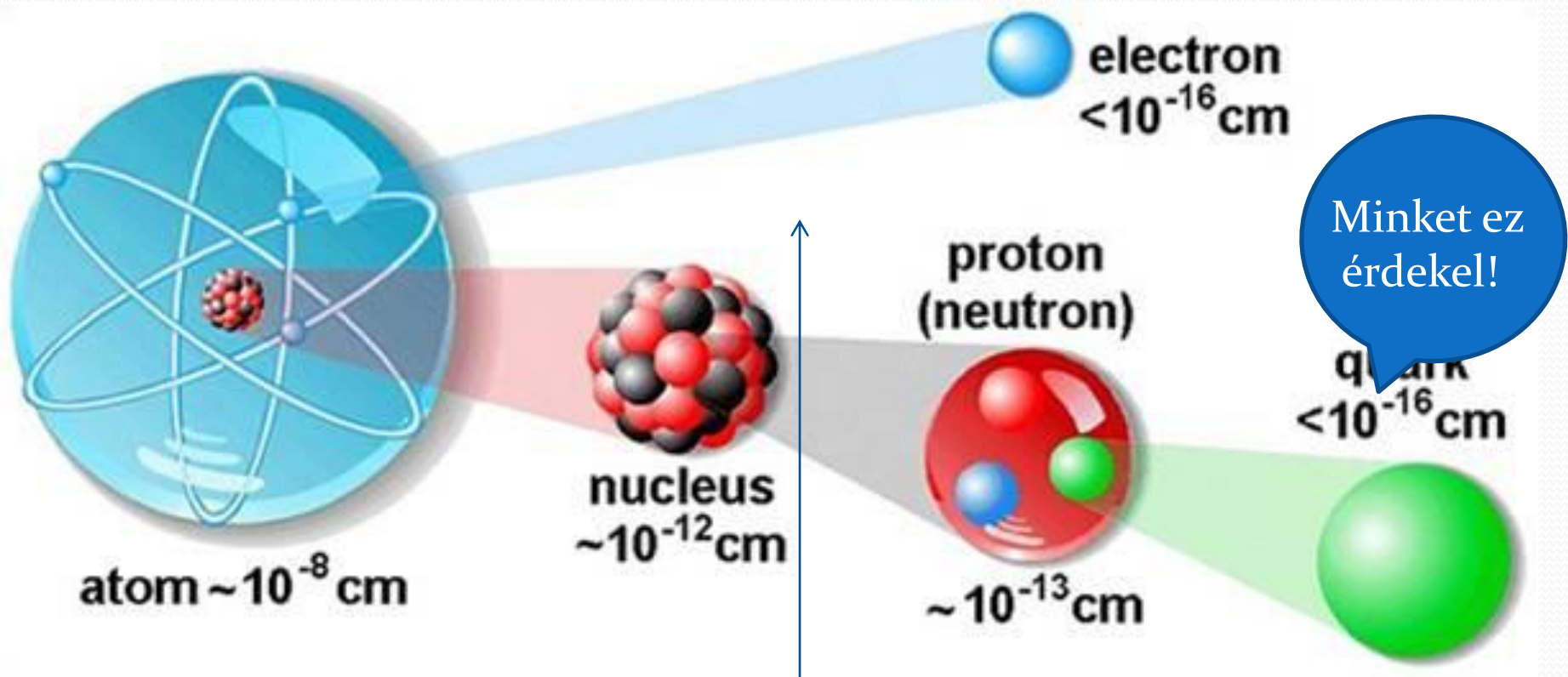


NEUTRINO



# Na, de kezdjük az elejéről...

Mit tanultunk a kémia órákon? „A proton elemi részecske”

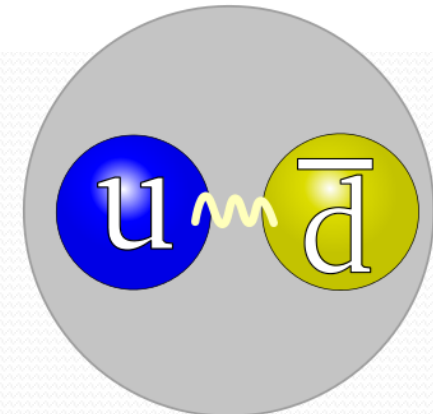
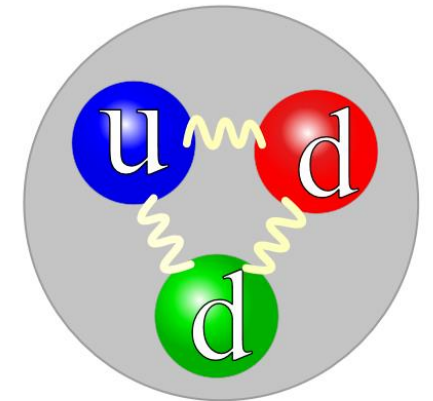
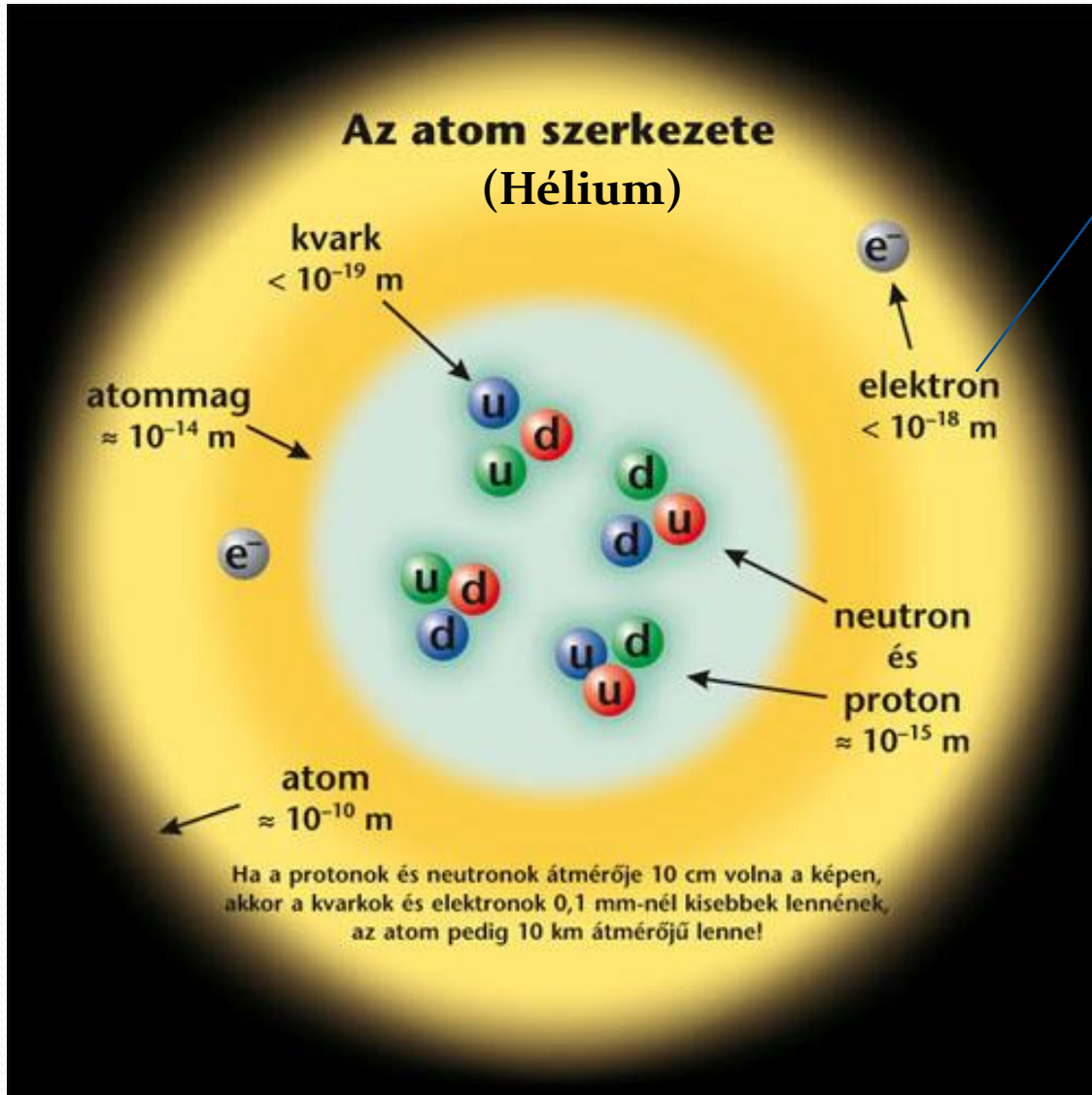


De csak a nukleonok szintjéig! Ezt is több mint 60 éve ismerjük



# És ráadásul még színesek is!

Mi is az az elektron?  
„leginkább önmagára hasonlít...”





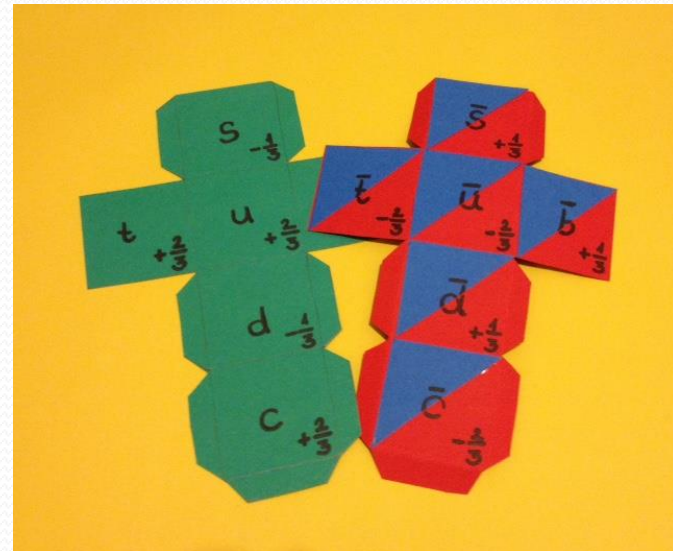
# Az ötlet



Az anyagi részecskék három családja (fermionok)

	I	II	III	
tömeg →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
töltés →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
név →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>γ</b> foton
Kvarkok	4.8 MeV $-\frac{1}{3}$	104 MeV $-\frac{1}{3}$	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$	0
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<2.2 eV 0	<0.17 MeV 0	<15.5 MeV 0	91.2 GeV 0
	<b>ν<sub>e</sub></b> elektron-neutrínó	<b>ν<sub>μ</sub></b> műon-neutrínó	<b>ν<sub>τ</sub></b> tau-neutrínó	<b>Z</b> Z-bozon
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptonok	0.511 MeV -1	105.7 MeV -1	1.777 GeV -1	80.4 GeV $\pm 1$
	<b>e</b> elektron	<b>μ</b> műon	<b>τ</b> tau	<b>W</b> W bozon
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1

**6!**

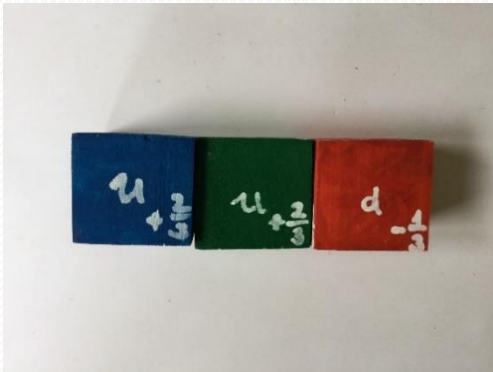


Bozonok (kölcsonhatások)

# Kocka projektek

- A proton belső szerkezete
- antiproton
- Kvantum színdinamika
- Hadronok: Barionok és mezonok
- Hadronizáció
- A müon bomlási folyamata
- Béta-bomlás nukleon és kvark szinten
- **Higgs-bozon bomlása**

# A PROJEKTEK KÉPEKBEN





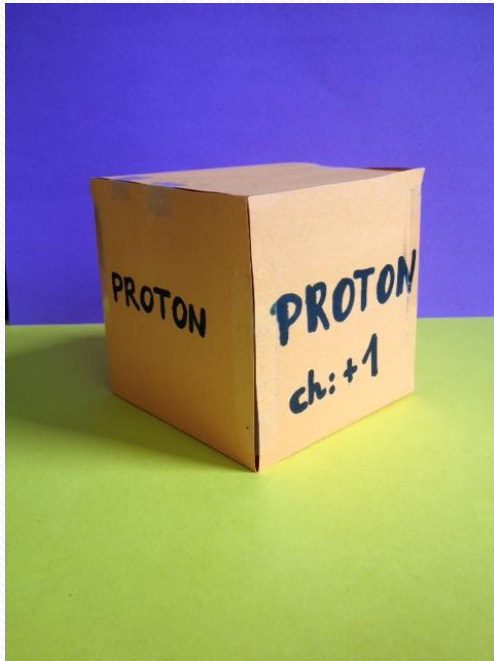
# Kvarkokból összesen 6-féle van

$m=E/c^2$  (eV?)

magyar név	angol név	jelölés	<u>nyugalmi tömeg</u> (GeV/c <sup>2</sup> )	<u>elektromos töltés</u> (e)
Fel	Up	<i>u</i>	0,0015-0,005	2/3
Le	Down	<i>d</i>	0,017-0,025	-1/3
Bájos	Charm	<i>c</i>	1,1-1,4	2/3
Ritka	Strange	<i>s</i>	0,06-0,17	-1/3
Felső	Top	<i>t</i>	165-180	2/3
Alsó	Bottom	<i>b</i>	4,1-4,4	-1/3

Még szerencse☺, mert így...

# Próbáljuk meg a kockákkal!



+

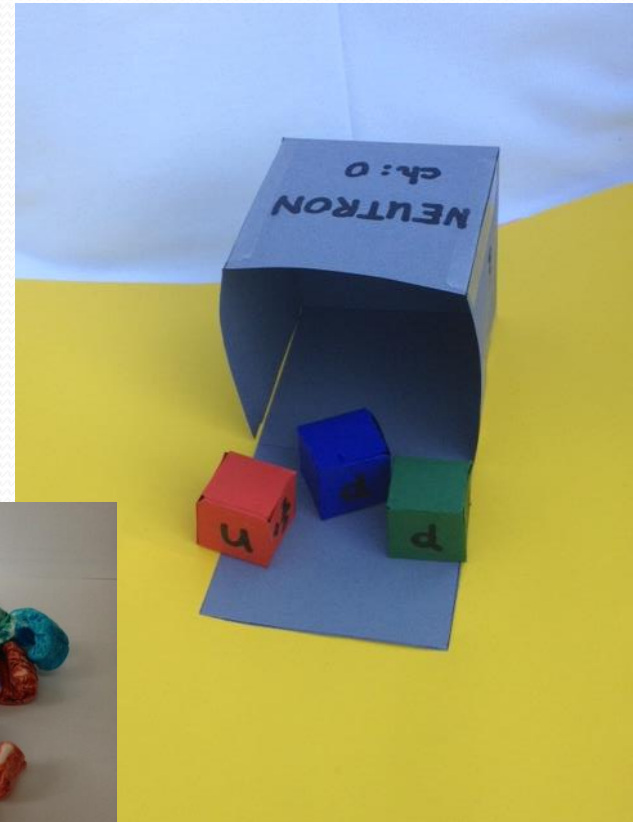


=

NUKLEONOK

Rendben, ezt eddig is tudtuk 😊

# Mi van a „mackó” hasáiban?



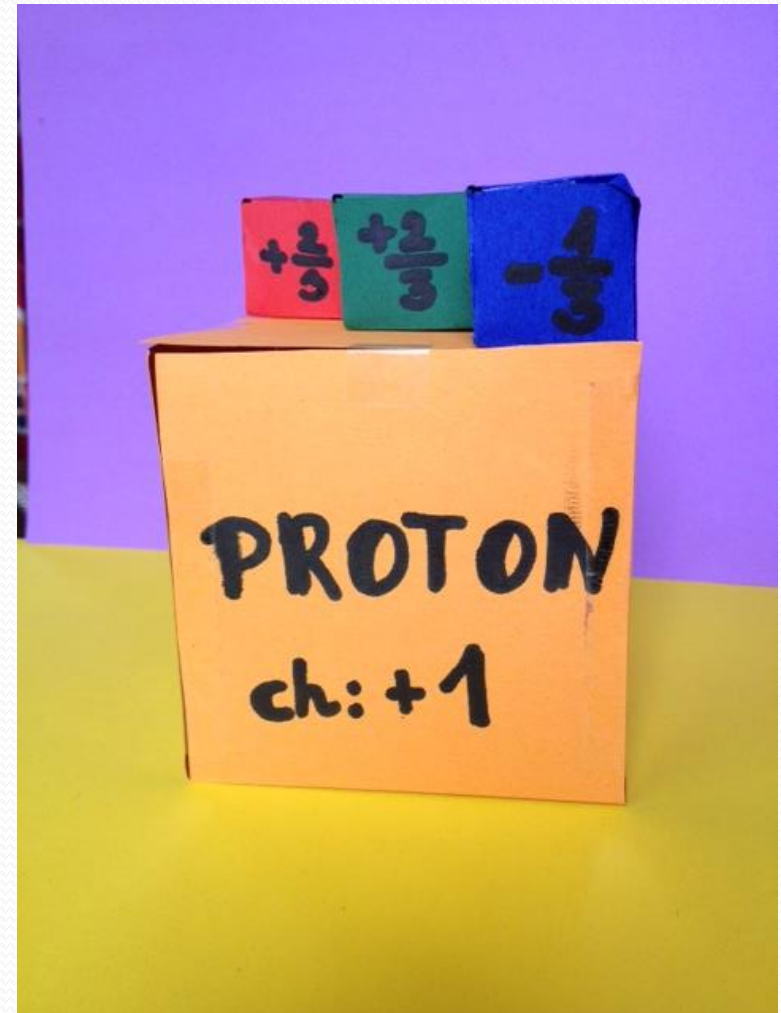
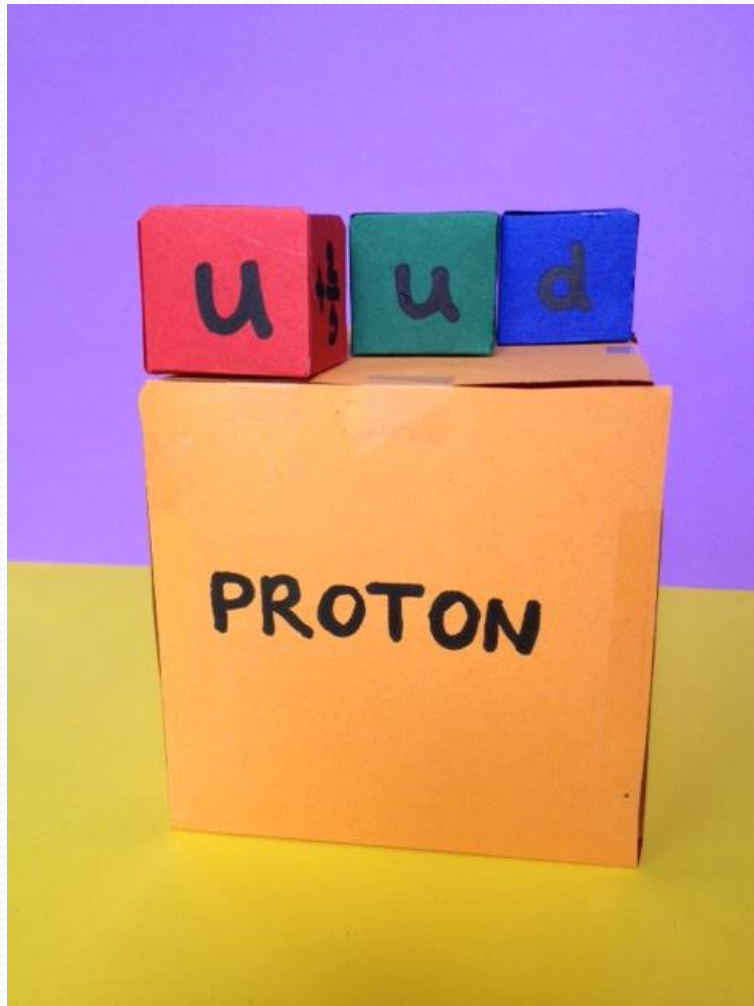
...és még sok-sok gluon



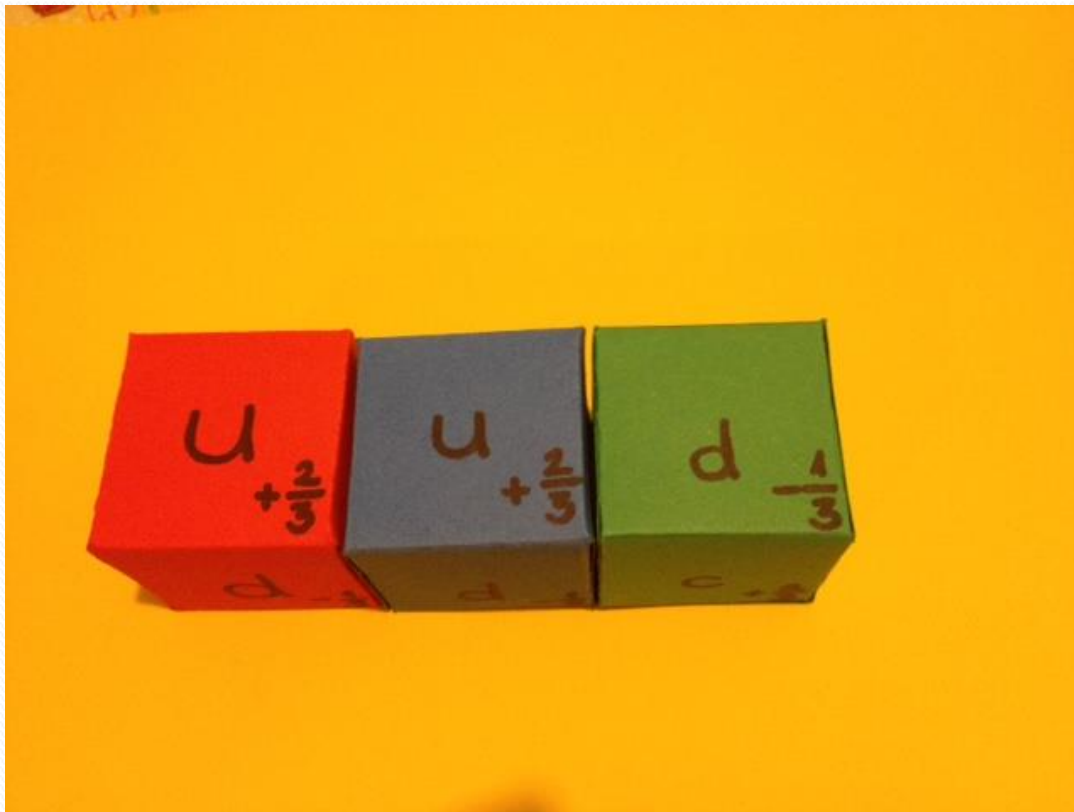
# SŐT! (nagy energiákon)



De nézzük meg milyen kvarkok alkotják a protont?



# Nézzük csak meg közelebbről!

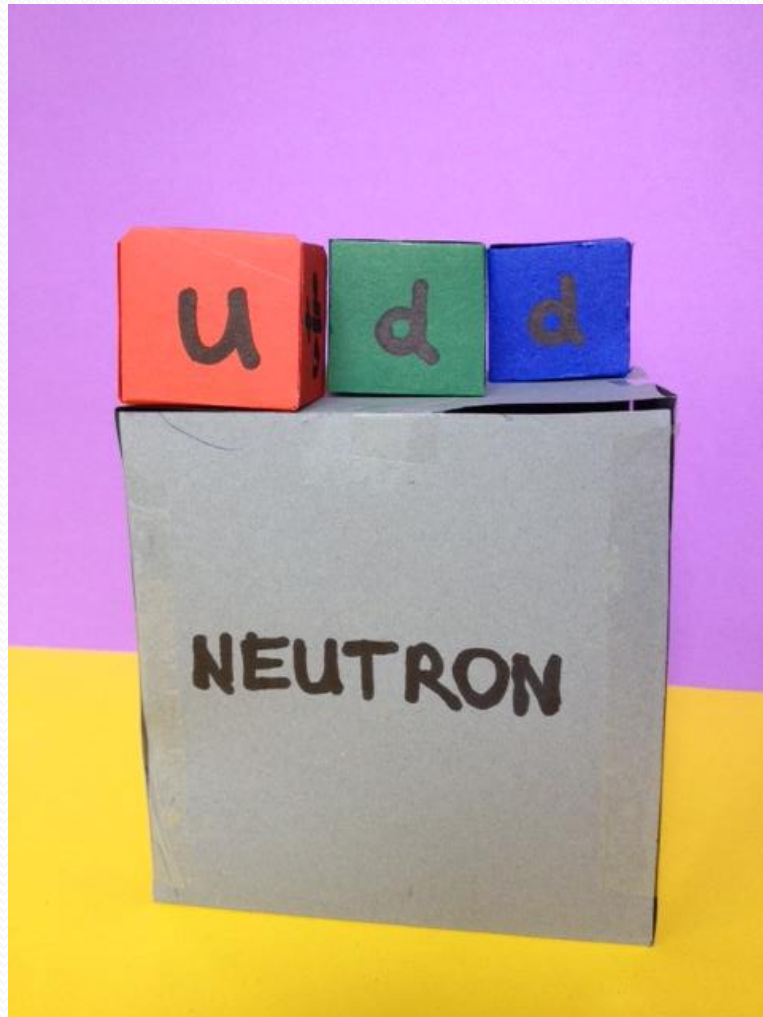


Érvényesül a töltés megmaradás törvénye:

$$(+2/3)+(+2/3)+(-1/3)=+1$$



# És mi a helyzet a neutronnal?



# A neutron alkotó kvarkok:



Számoljunk itt is:  
 $(+2/3)+(-1/3)+(-1/3)=0$

# Vannak antirészecskék is!

proton  $uud$



neutron  $udd$



antiproton  $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$

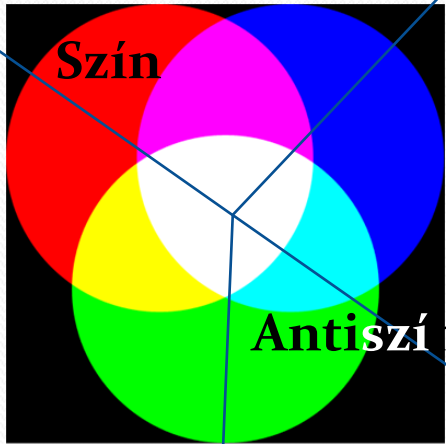


antineutron  $\bar{u}\bar{d}\bar{d}$



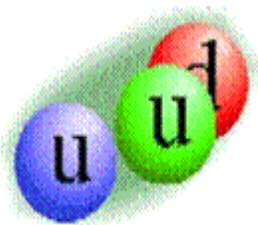


Készítsünk 3 kvark és 3 antikvark kockát!  
Ugyanis még a színtöltésükre is figyelniük kell!



A színtöltés, egy új kvantumszám  
(csak az erős kölcsönhatásban résztvevőknél)  
Ezt kvantum színdinamikának (QCD)  
nevezik

### KOMPLEMENTER SZÍNEK



A természetben csak fehér szín létezik, 3  
színt (RGB=red,green,blue) azonosan  
tartalmaz, vagy 2 kvark esetén egy színt  
és egy antiszínt

# Színek és antiszínek



# Eddig tehát szó volt a kvarkokról és a köztük lévő gluonokról

<u>Kölcsönhatás</u>	<u>közvetítő</u>	<u>nyugalmi tömege</u>	<u>töltés</u>	<u>Mire hat?</u>	<u>hatótávolság (m)</u>
<b>erős</b>	<b>gluonok (8-féle)</b>	<b>0</b>	<b>színtöltés és</b>	<b>hadronokra</b>	<b><math>10^{-15}</math></b>
elektromágneses	foton	0	elektromos töltés	elektromosan töltött részecskére	végtelen
gyenge	Z <sup>0</sup> W <sup>+</sup> és W <sup>-</sup>	91, 80 GeV/c <sup>2</sup>	gyenge töltés	minden 1/2 spinű részecskére	$10^{-18}$
gravitációs	graviton*	0	tömeg	mindenre	végtelen



# A gluonokról

Melyik a kakukktojás?

+ Z-aP, +2"szürke"



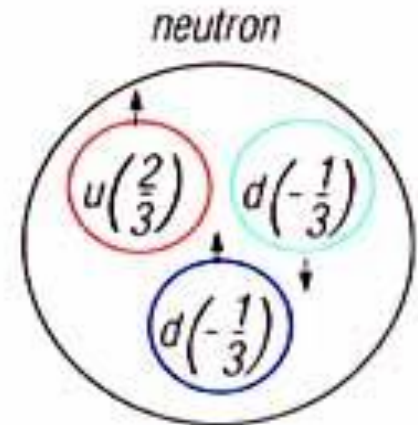
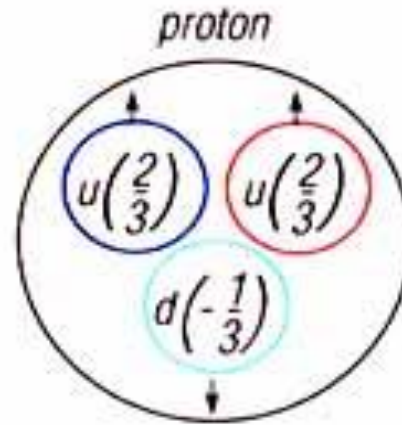
8 különböző fajtája van,  
de "fehér" nem lehet

ők is színt-antiszínt  
hordoznak

A kvarkokból álló részecskéket **hadronoknak** nevezzük, és két nagy csoportra oszthatjuk őket.

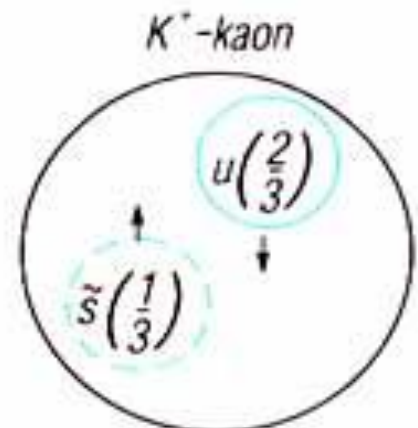
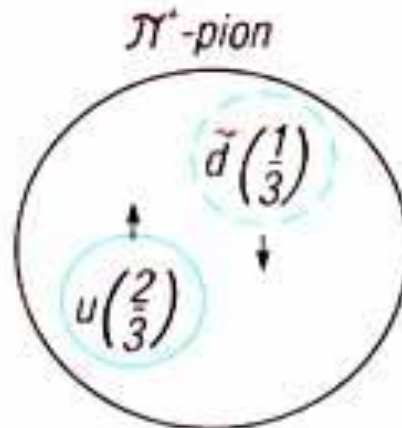
H  
A  
D  
R  
O  
N  
O  
K

**Barionok** →  
(3 kvarkból állnak)



**Mezonok** →

(1 kvarkból és 1 antikvarkból állnak)



FERMION

BOZON

HADRONOK

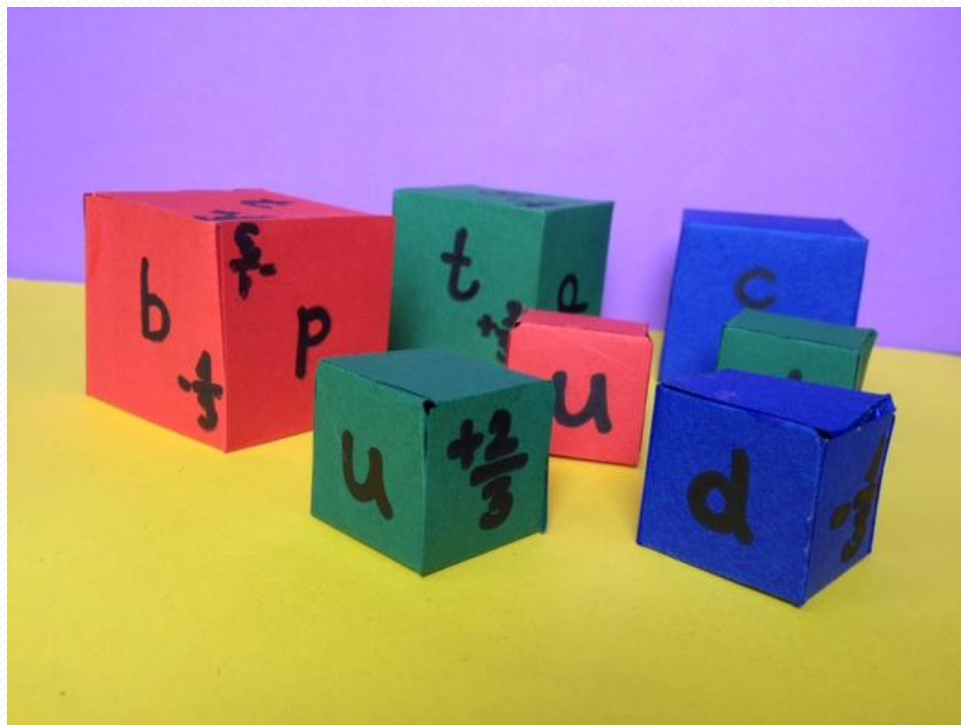
BARION

$p^+ (uud)$

MEZON

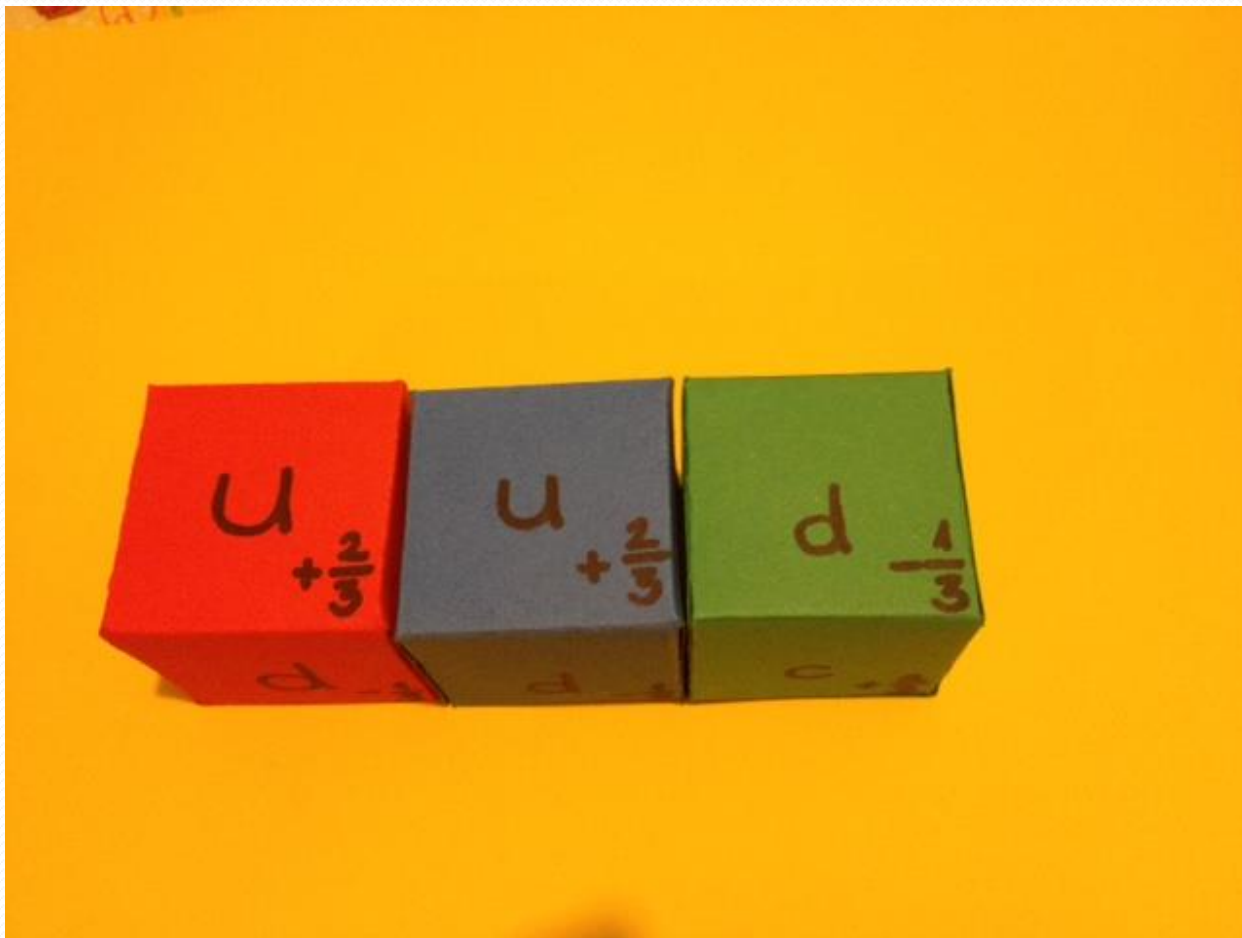
$\pi^+ (u\bar{d})$

# Próbáljunk meg először barionokat kirakni a kockáinkból!





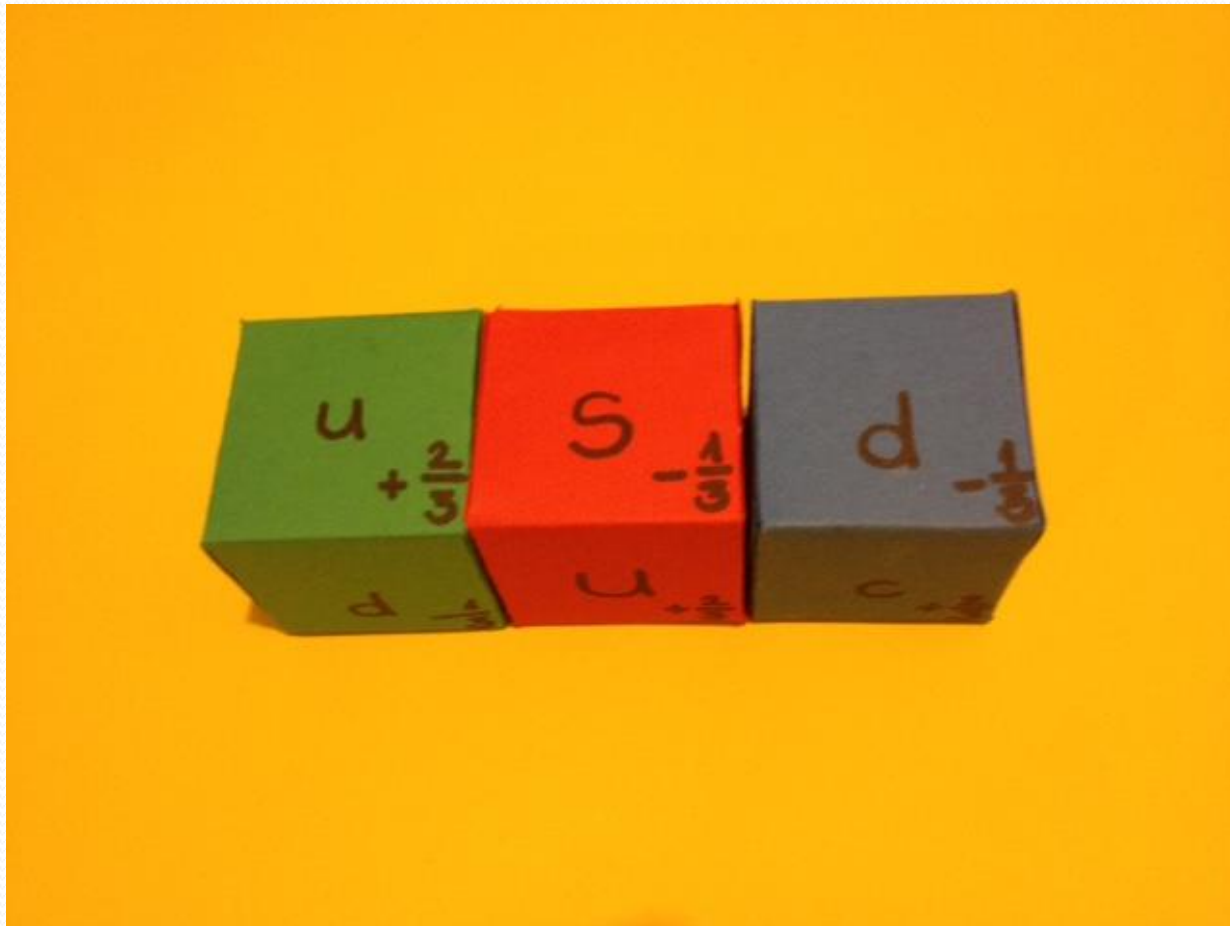
A protont most már úgy is  
nevezhetjük, hogy (3 kvarkos)  
barion



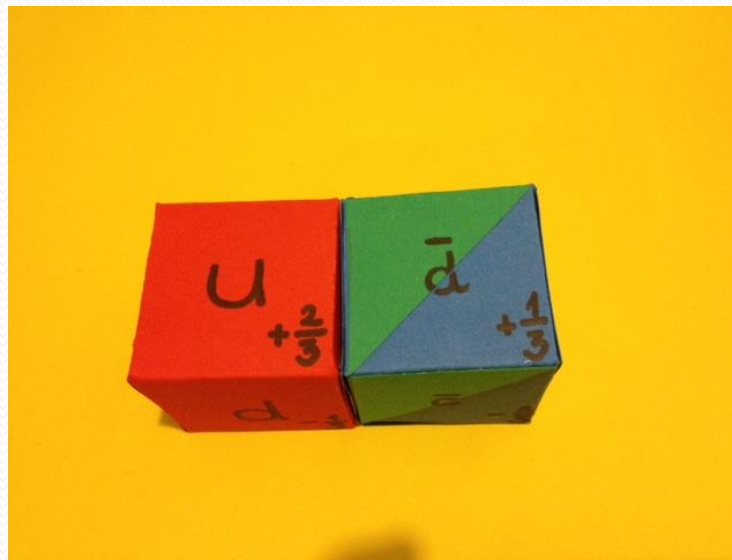
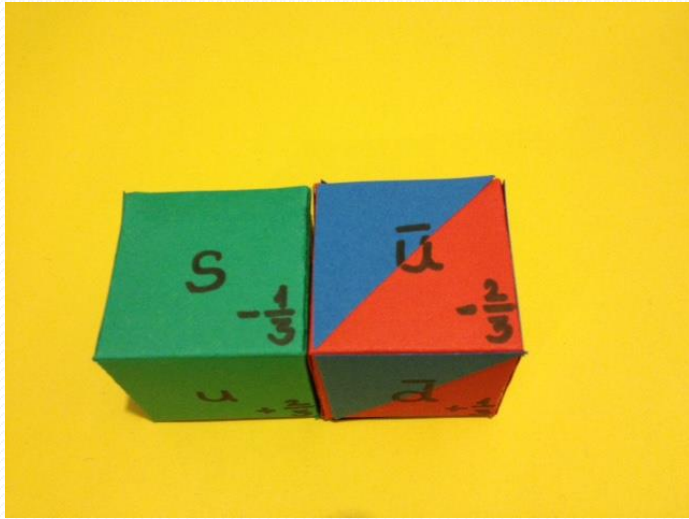
# A neutron szintén 3 kvarkból álló barion



De lehet akár más részecskéket is  
hasonlóan összeállítani. Pl.:  $\Lambda$ -részecskét  
(töltése= 0)



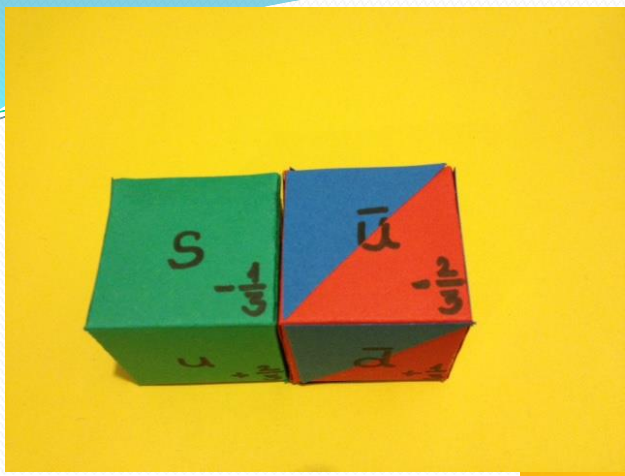
A hadronok másik csoportja: a mezonok,  
amik egy kvarkból és egy antikvarkból állnak  
(és ne feledjük: szín és antiszínből)



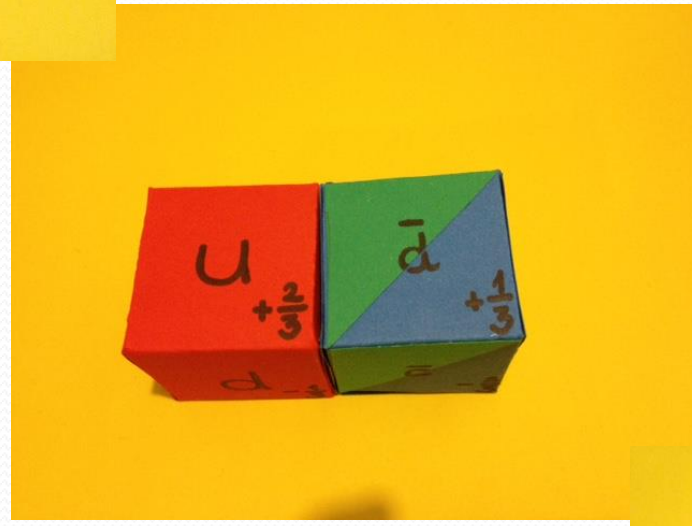


M  
E  
Z  
O  
N  
O  
K

← Kaon:  $K^-$   
(töltés: -1)



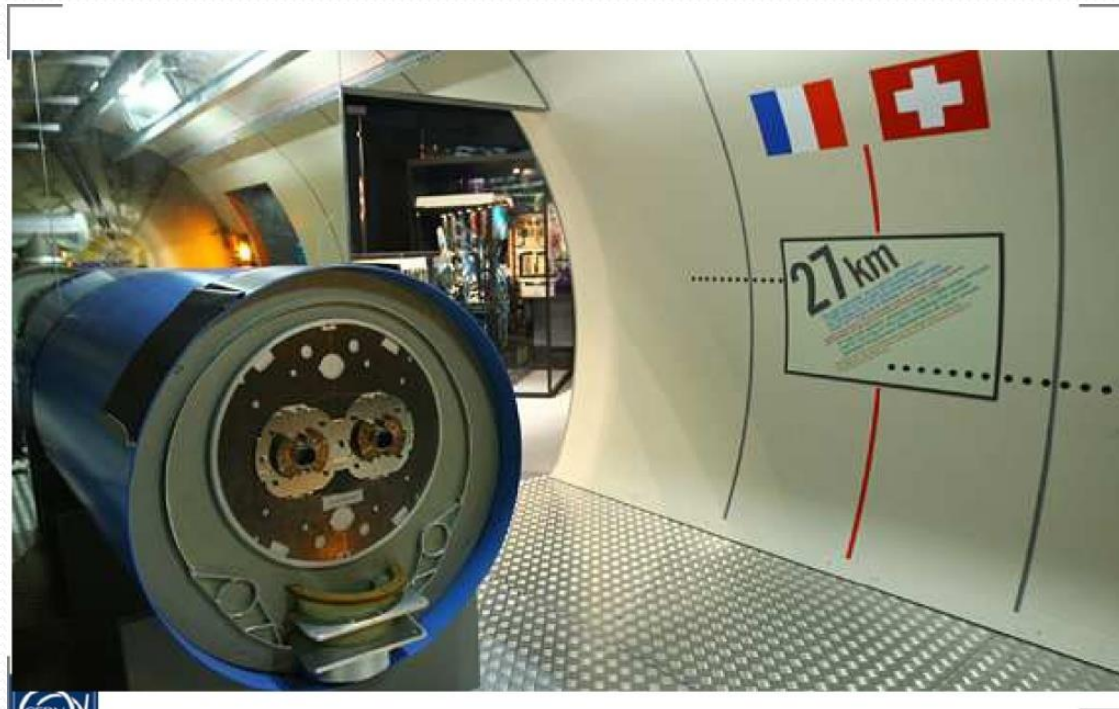
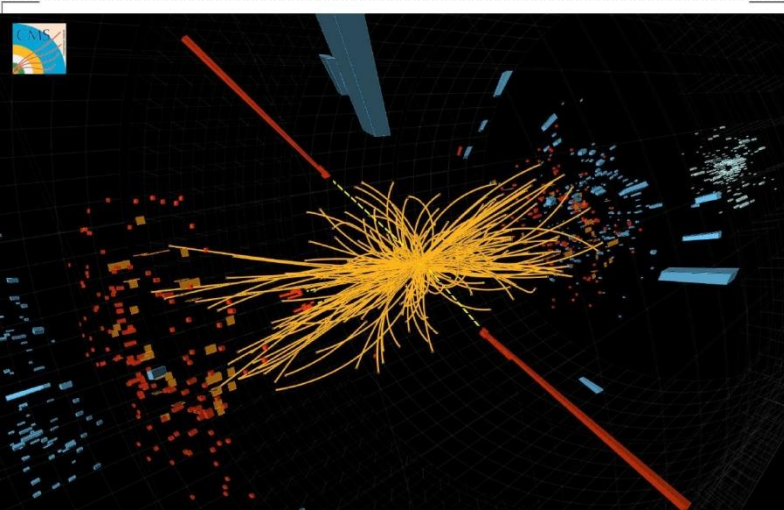
Rho:  $\rho^+$   
(töltés: +1) →



J/ $\Psi$   
(töltés: 0) →




# Vajon miért nevezik az LHC-t, Nagy Hadron Ütköztetőnek?



# STANDARD MODELL ÁLLATKERTJE

Kvarkok, leptonok és a kölcsönhatásokat közvetítő bozonok alkotják a körülöttünk lévő világot.

Quarks		Leptons		Bosons
 up	 down	 electron	 neutrino e	 photon
 charm	 strange	 muon	 neutrino $\mu$	 gluon
 top	 beauty	 tau	 neutrino $\tau$	 $Z^0 W^\pm$
				 Higgs

# A közvetítő részecskéket hívjuk Bozonoknak

<u>Kölcsönhatás</u>	<u>közvetítő</u>	<u>nyugalmi tömege</u>	<u>töltés</u>	<u>Mire hat?</u>	<u>hatótávolság (m)</u>
erős	<b>gluonok (8-féle)</b>	0	színtöltés	hadronokra	$10^{-15}$
elektromágneses	<b>foton</b>	0	elektromos töltés	elektromosan töltött részecskére	végtelen
gyenge	<b>Z<sup>0</sup> W<sup>+</sup> és W<sup>-</sup></b>	91, 80 GeV/c <sup>2</sup>	gyenge töltés	minden 1/2 spinű részecskére	$10^{-18}$
gravitációs	<b>graviton*</b>	0	tömeg	mindenre	végtelen



# És hogy még bonyolultabb legyen az életünk:

Lehet másképpen is osztályozni a részecskéket!

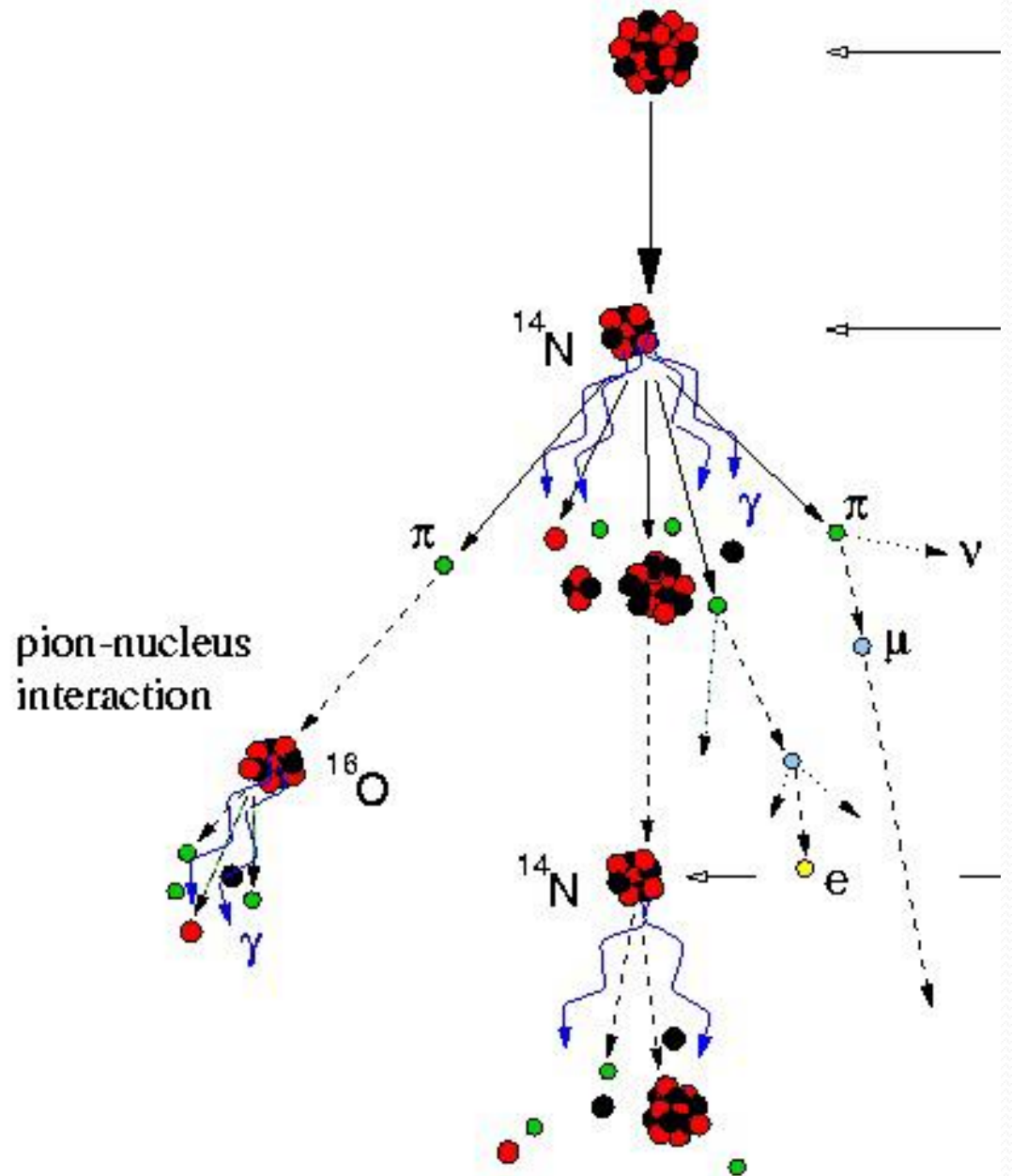
## » Spin szerint:

feles spinű = fermion, egész spinű = bozon

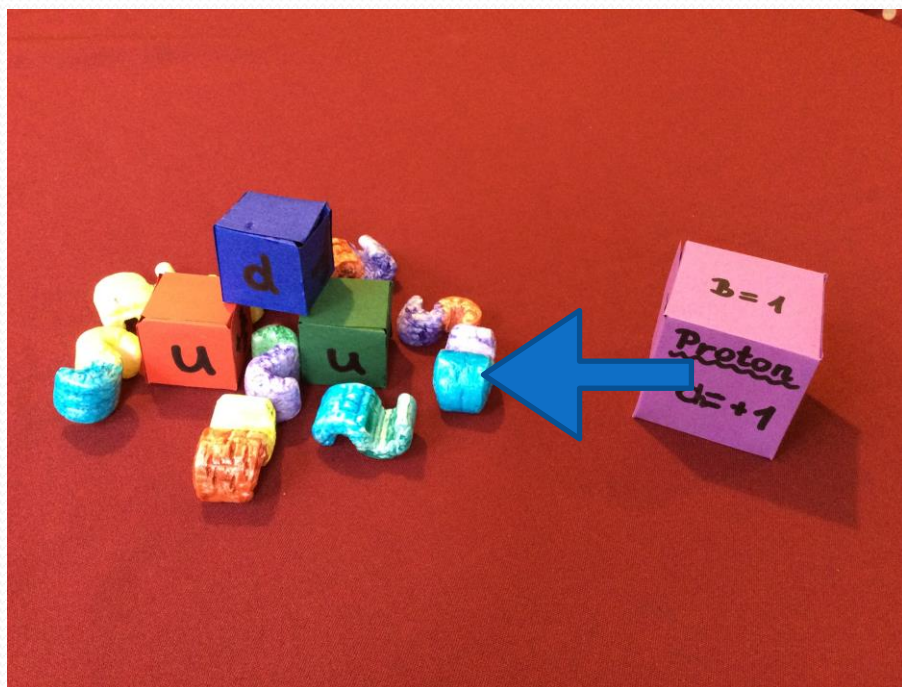
## » Kölcsönhatásban való részvételük alapján:

- erős: hadronok (fermionok = barionok, bozonok = mezonok)
- leptonok, amik nem vesznek részt az erős kh-ban
- ( a gyenge kölcsönhatás minden részecskére hat)

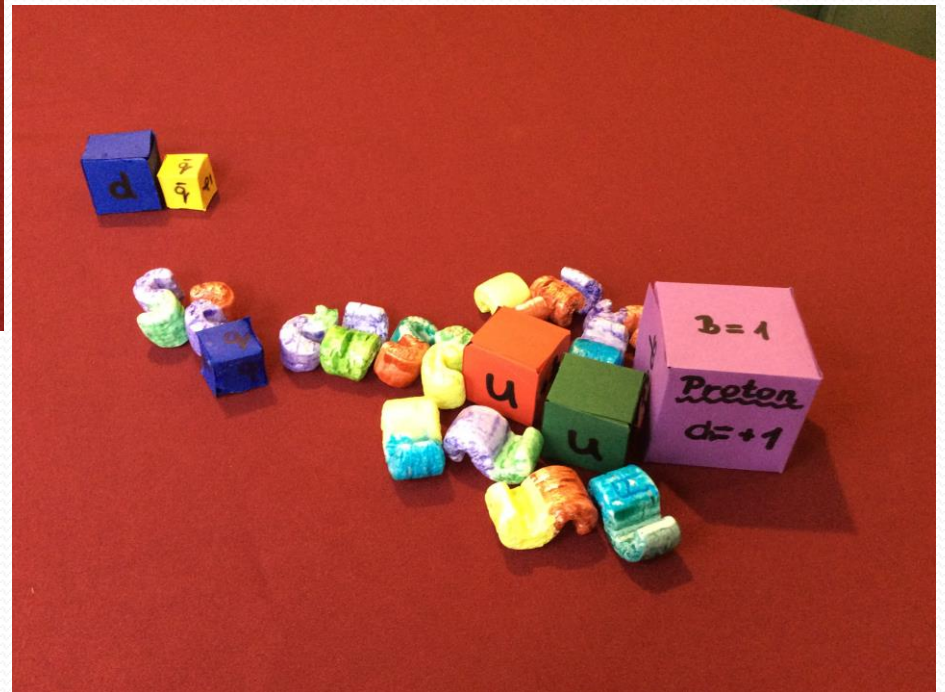
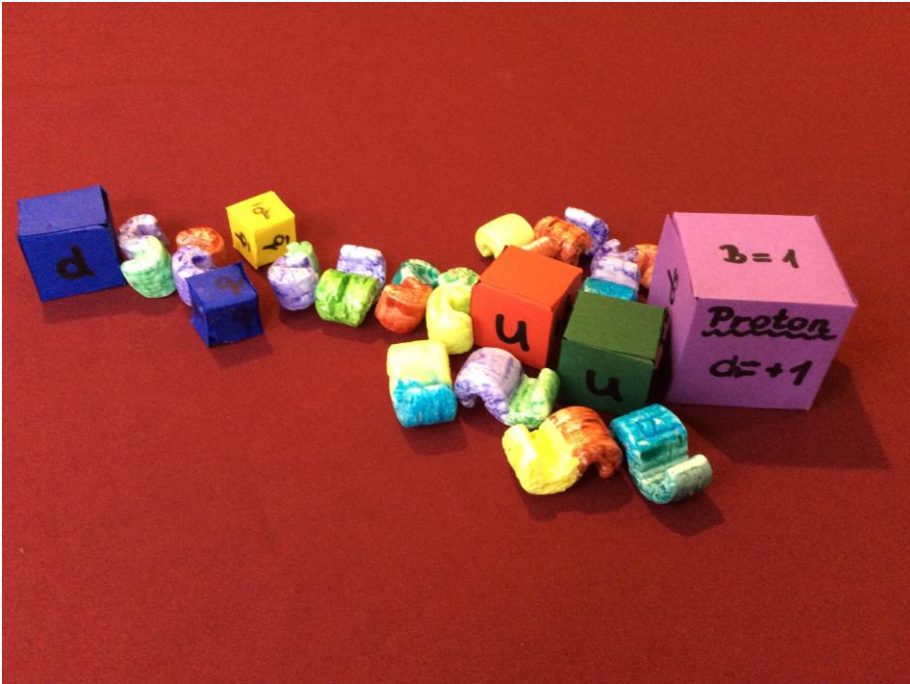
# Hadronizáció a kozmosz sugárzásban



# Kvarkbezárás > mezonok keletkezése



# Gluon > kvark-antikvark párkeltés





# A leptonokból is 6 féle van

$\nu_e$  e neutrino

$e^-$  electron

$\nu_\mu$   $\mu$  neutrino

$\mu^-$  muon

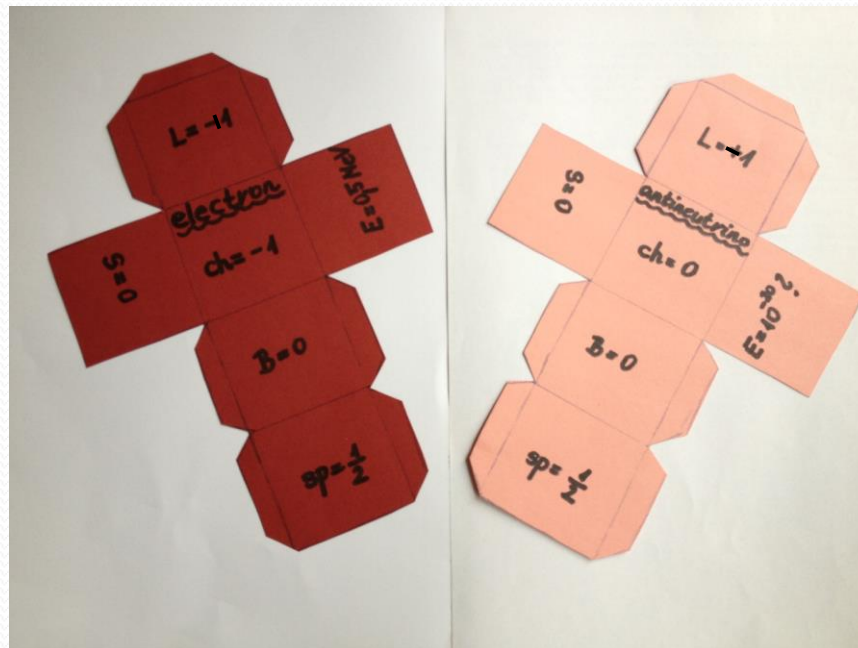
$\nu_\tau$   $\tau$  neutrino

$\tau^-$  tau

# Miért pont ezek?

Mert hat oldala van a kockának ☺, és ezek érvényesülnek a részecskefizikai folyamatokban

Készítsünk újabb kockákat, amelyeknek az oldalain a megmaradó mennyiségek szerepelnek!



# Ismerős és ismeretlen megmaradási törvények

Ch (charge): elektromos töltés

Sp: spin (impulzus momentum)

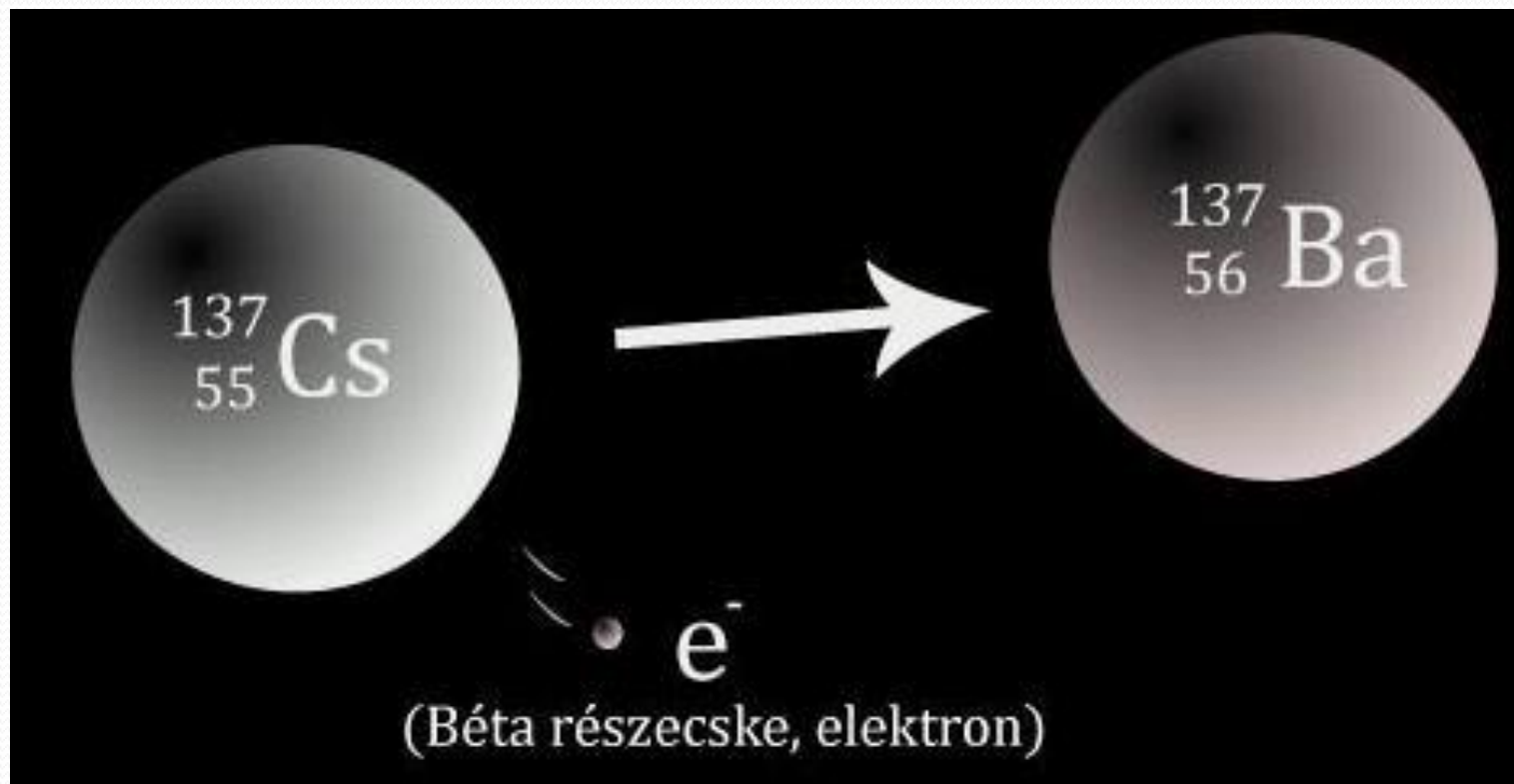
B: barionszám

L: leptonszám

E: energia/tömeg

p: impulzus

# Gyenge kölcsönhatás





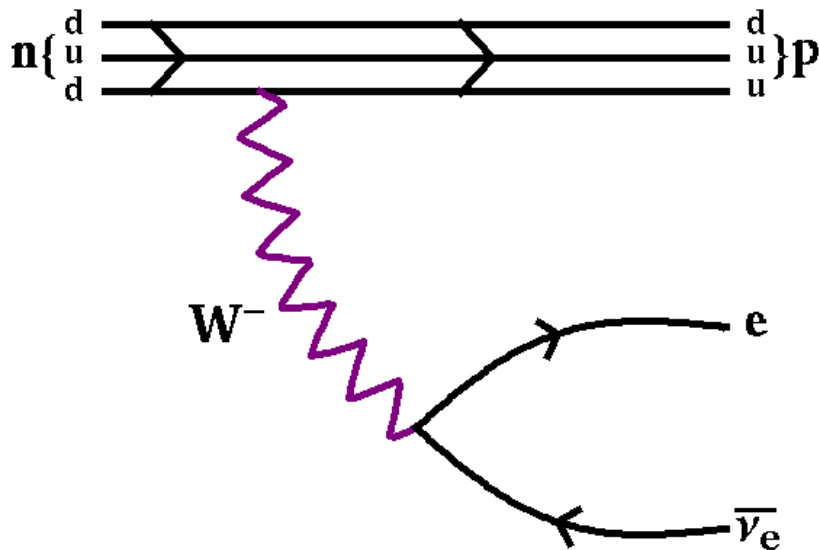
# A radioaktív bomlások egyik fajtája a $\beta$ -bomlás

- 3 fajtája létezik:
- -**Negatív  $\beta$ -bomlás:** itt a mag egyik neutronja a gyenge kölcsönhatás révén (a  $W$ -bozon közvetítésével) protonná alakul.  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
- -**Pozitív  $\beta$ -bomlás:** egy proton bomlásakor egy pozitron is kisugárzódik.  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$
- -**Elektronbefogás:** amely során csak egy monoenergetikus elektronneutrino távozik a magból, miközben az befogta az atom egyik héjelektronját.  $p + e^- \rightarrow n + \nu$

Többnyire tudják használni a reakcióegyenleteket a függvénytáblázat segítségével a diákok, de a mélyebb fizikai tartalmával nincsenek tisztában.

Például:

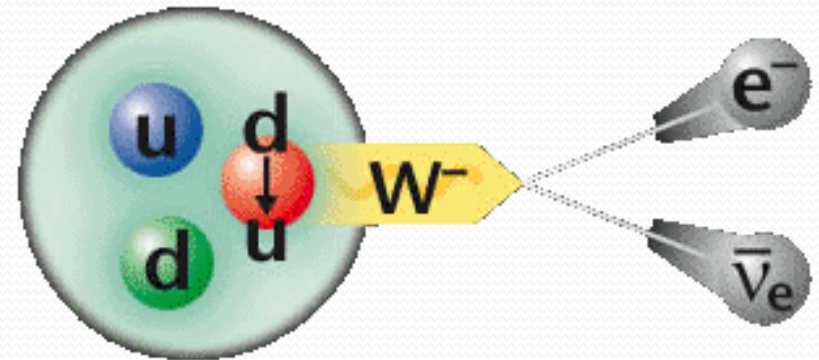
**Neutron Decay**  
(Neutron bomlás)



$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + e^- + \bar{\nu}$$

$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + e^+ + \nu$$

$$e^- + {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \nu$$



# Egy kis segítség

Név	Töltés	Barionszám	Leptonszám	Tömeg	Spin	
Proton	1	1	0	0,943 GeV	1/2	
Neutron	0	1	0	0,946 GeV	1/2	
Elektron	-1	0	1	0,5 MeV	1/2	
Pozitron	1	0	-1	0.5 MeV	1/2	
Neutrino	0	0	1	$10^{-20}$ ?	1/2	
Antineutrino	0	0	-1	$10^{-20}$ ?	1/2	

# „Kiszámoló” megmaradási törvények

## A neutron $\beta$ -bomlása



Elektromos töltés:  $0 \rightarrow (+1) + (-1) + 0$

Barionszám:  $(+1) \rightarrow (+1) + 0 + 0$

Leptonszám:  $0 \rightarrow 0 - (+1) + (-1)$



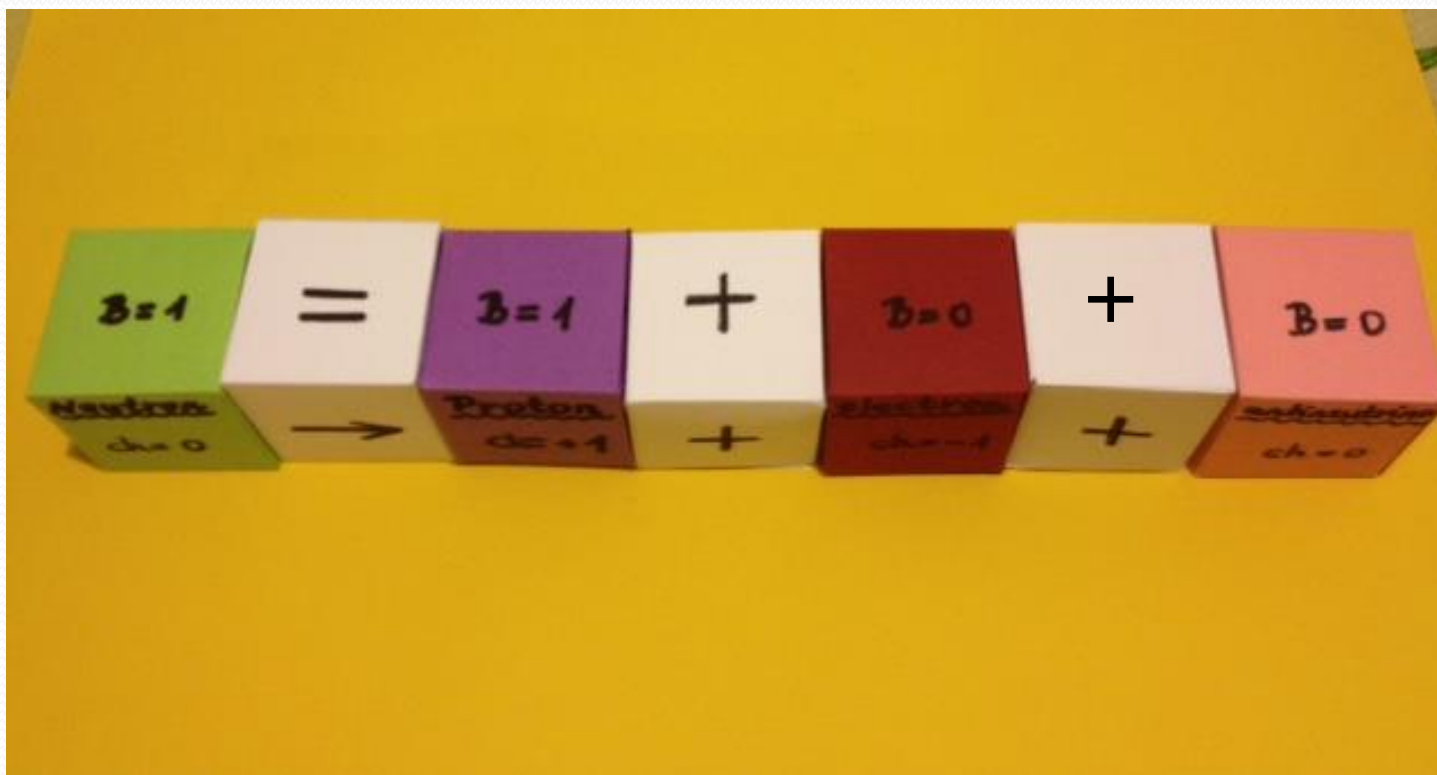
# A neutron $\beta$ -bomlása kockákkal

Az elektomos töltés megmaradása

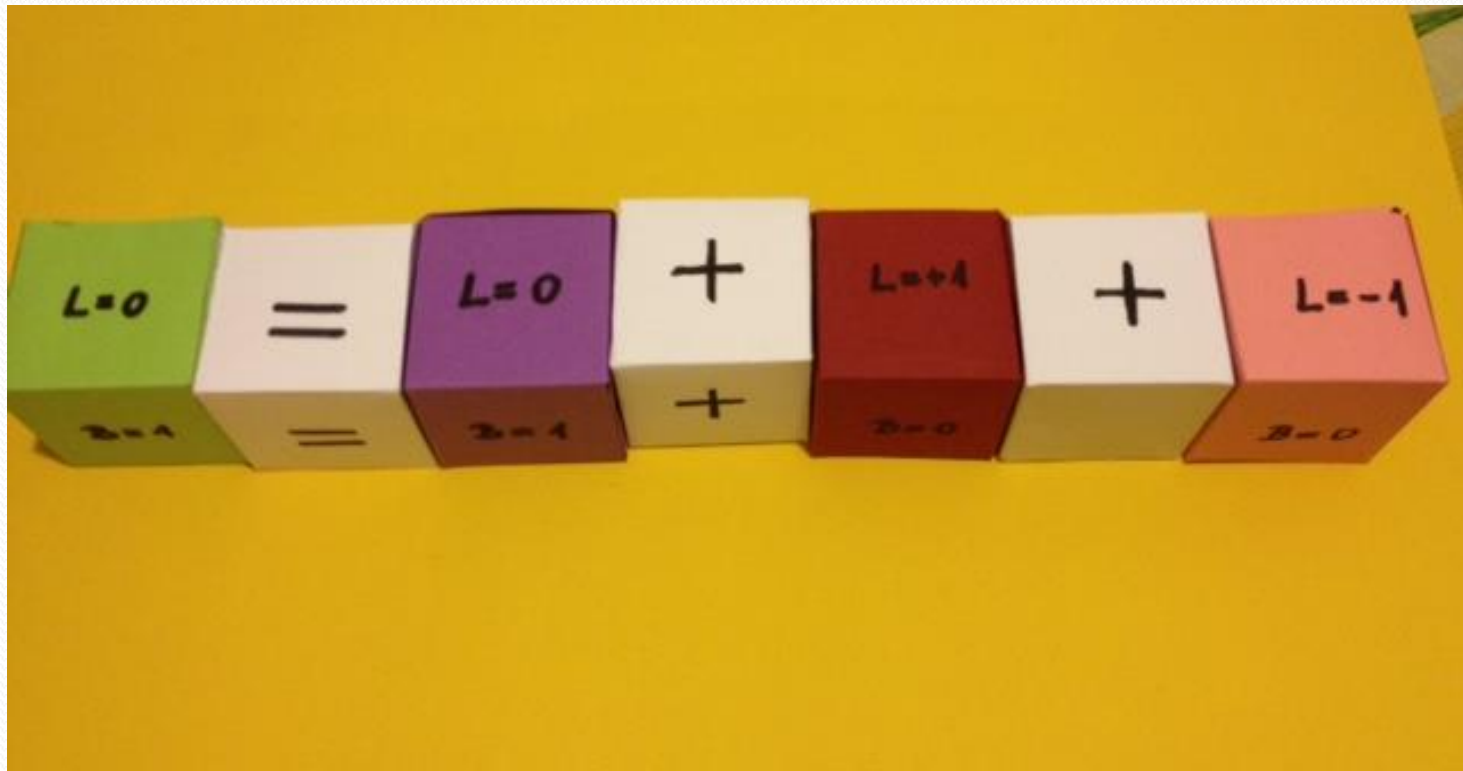


# Vegyük először a barion szám megmaradást!

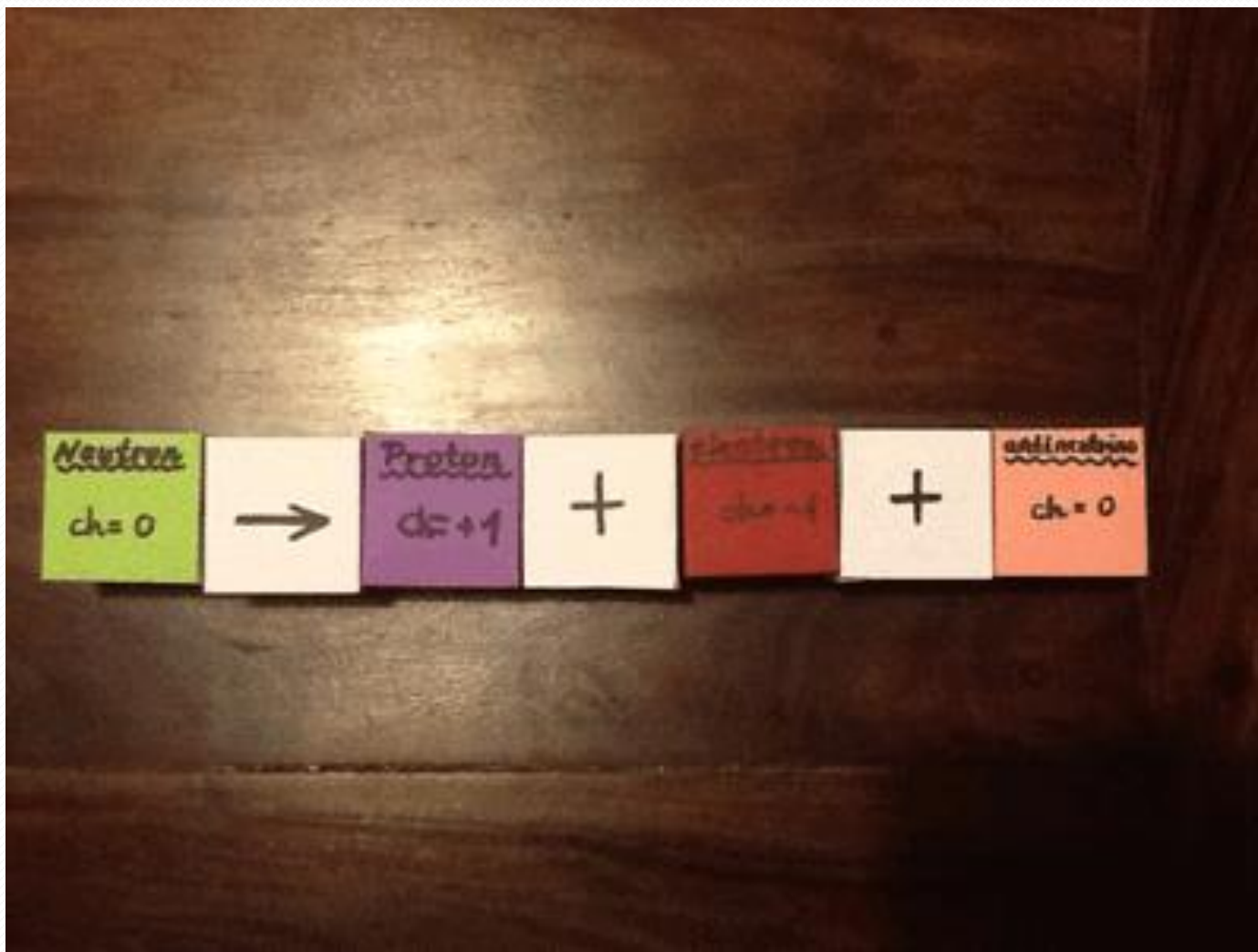
Ehhez forgassunk egyet a kockáinkon!



Ellenőrizzük a lepton szám megmaradását!  
Forgassunk egyet a kockákon!

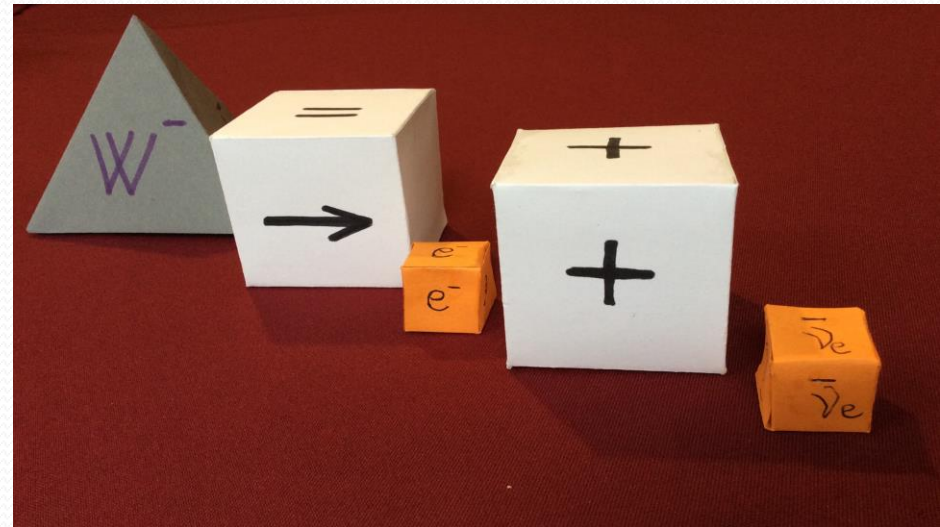
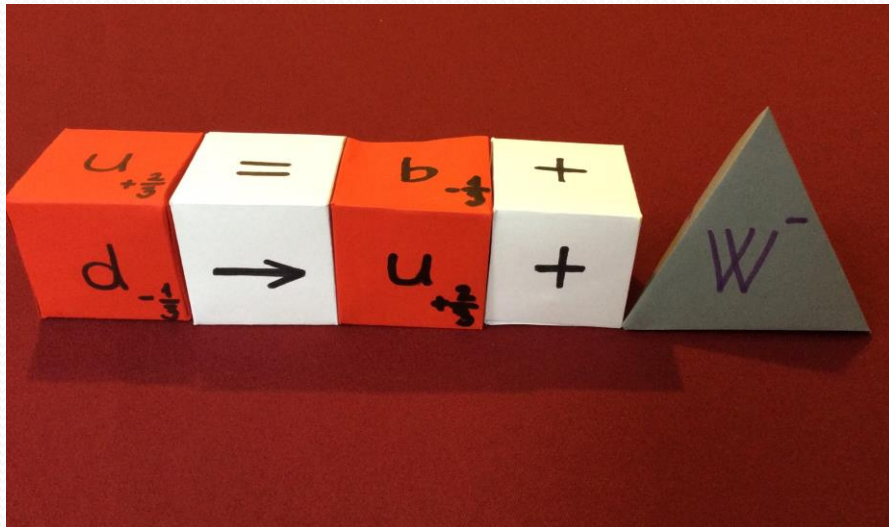
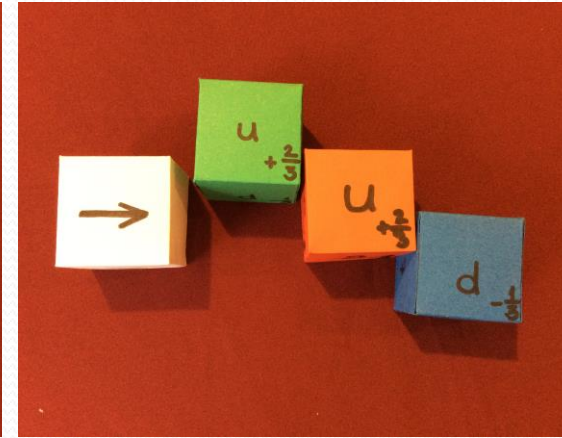
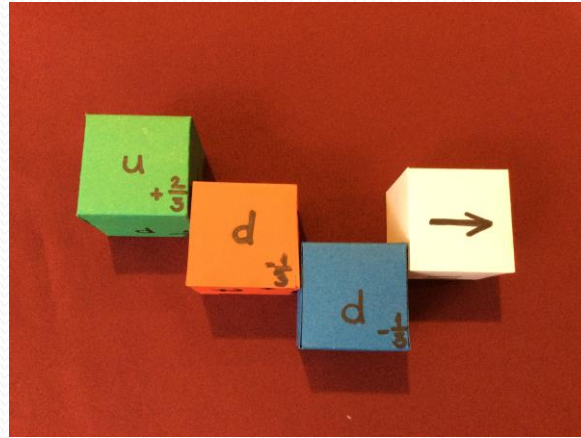
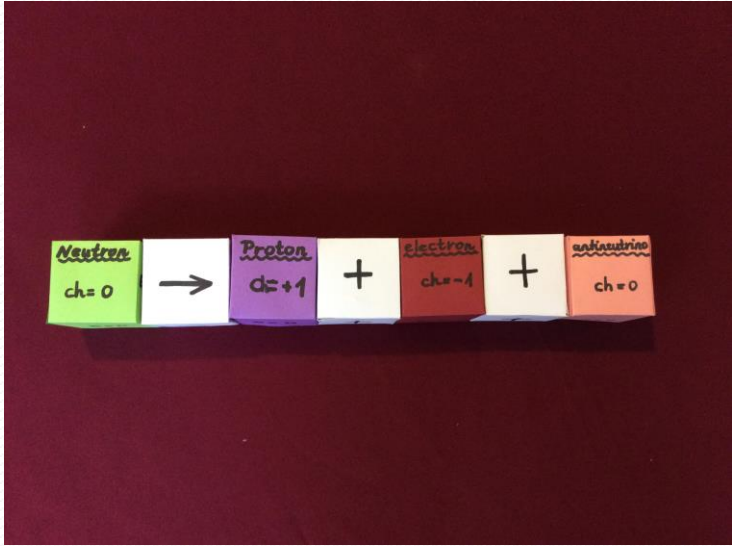


Minden egyes forgatással más és más mennyiség jelenik meg az oldalakon

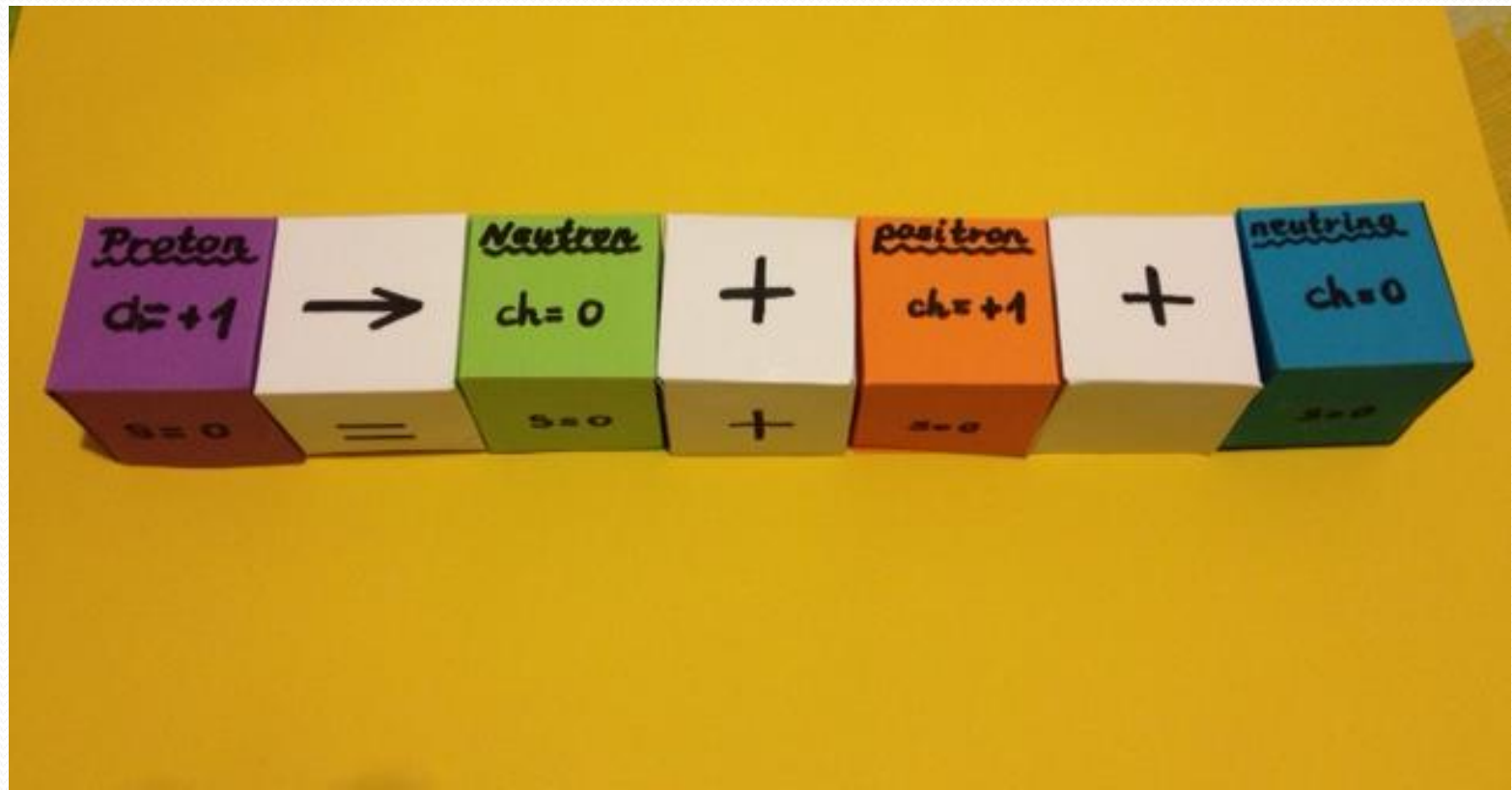




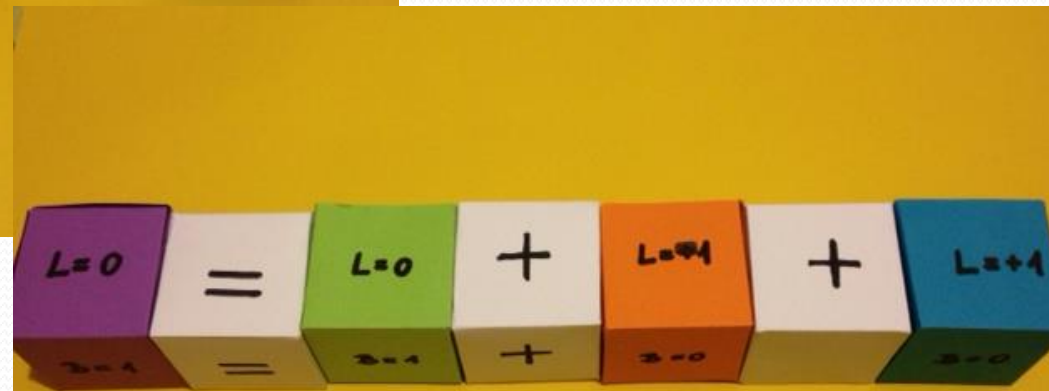
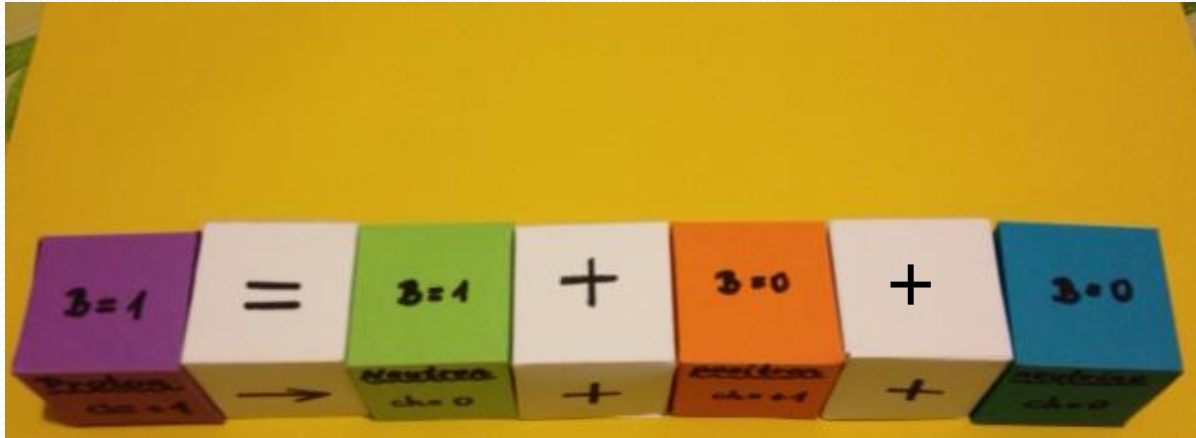
# Kvark szinten



Ugyanígy nézzük meg a proton  $\beta$ -bomlását is!



Forgassuk ismét minden kockát  
ugyanabba az irányba!



# Mit látunk a ködkamrában?

A müon bomlása:

$$\mu \rightarrow e + \text{?????}$$

( $\mu_t = 2,2 \mu\text{s}$ )

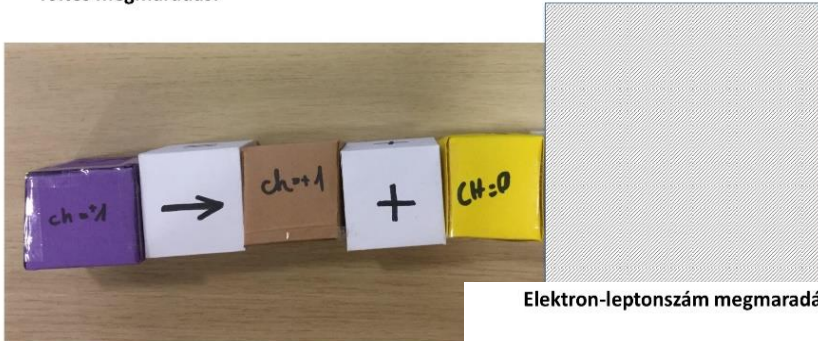


	$e^-$	$e^+$	$\nu_e$	$\bar{\nu}_e$	$\mu^-$	$\mu^+$	$\nu_\mu$	$\bar{\nu}_\mu$
elektronikus-leptonszám	1	-1	1	-1	0	0	0	0
müonikus-leptonszám	0	0	0	0	1	-1	1	-1



# Felfedezettő módszerrel

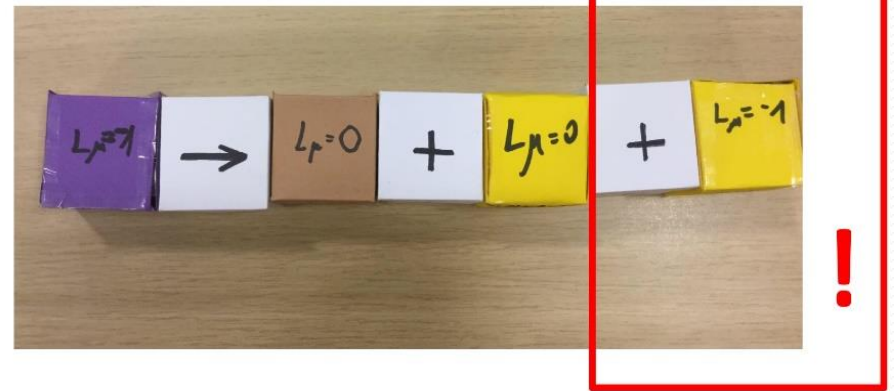
Töltés megmaradás:



Elektron-leptonszám megmaradás:

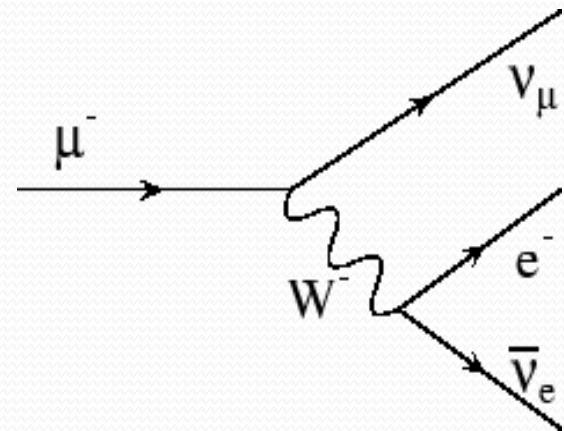
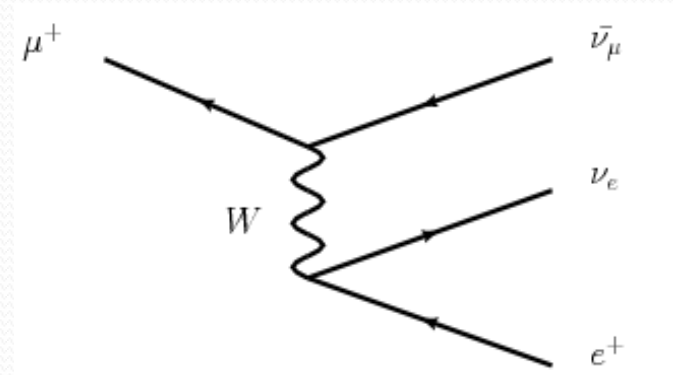
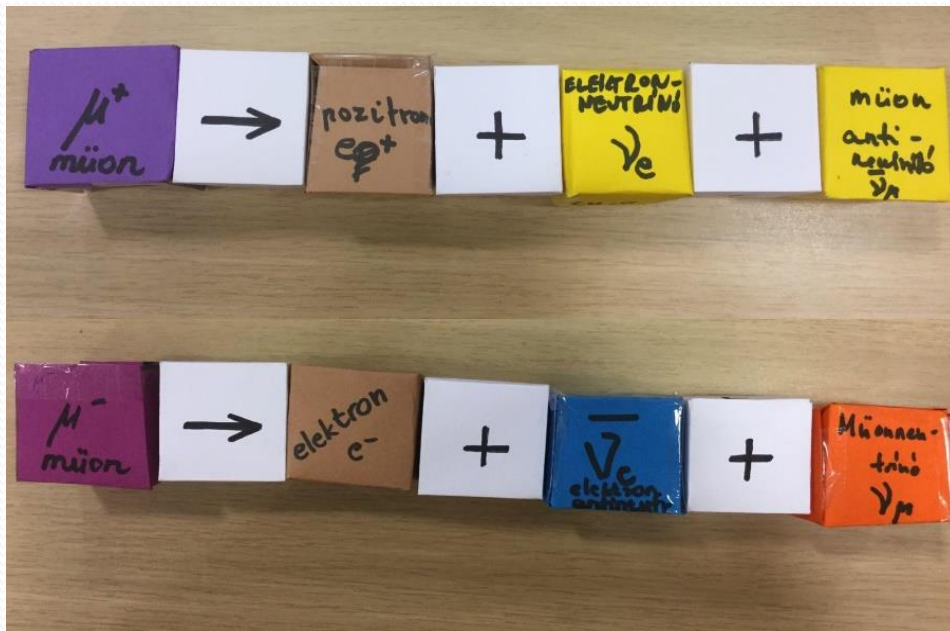


Müion-leptonszám megmaradás:





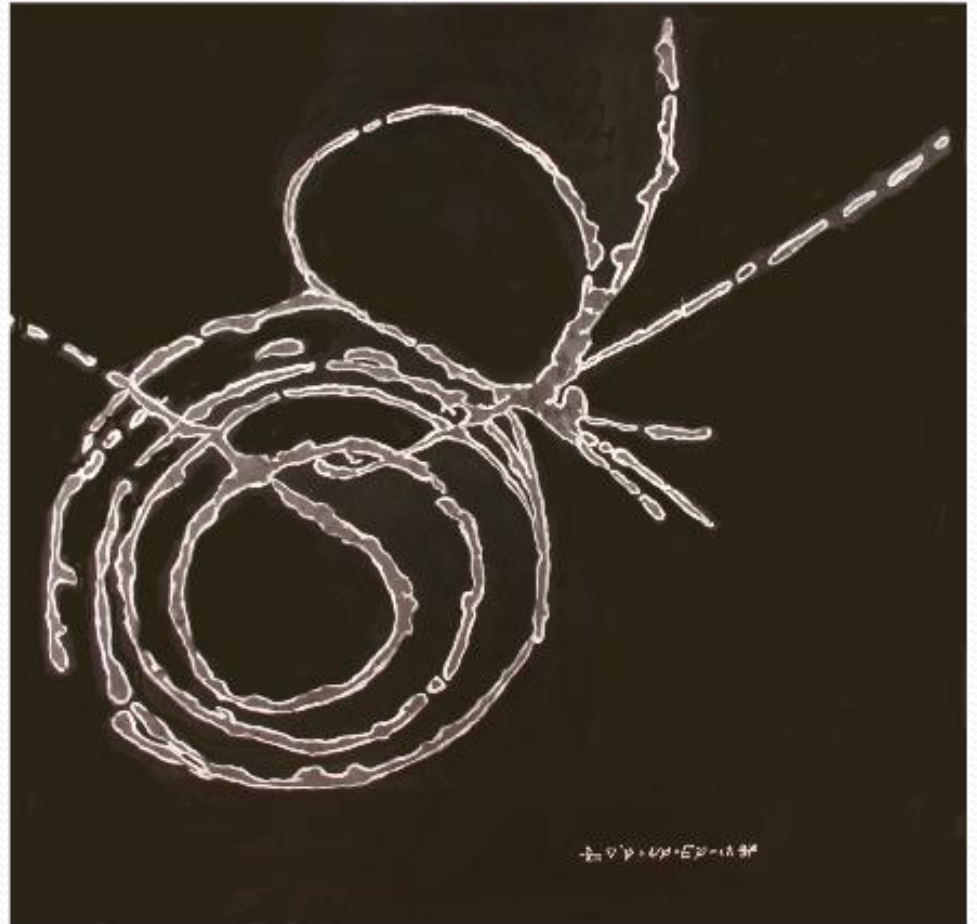
# Az elektromosan töltött müon bomlása





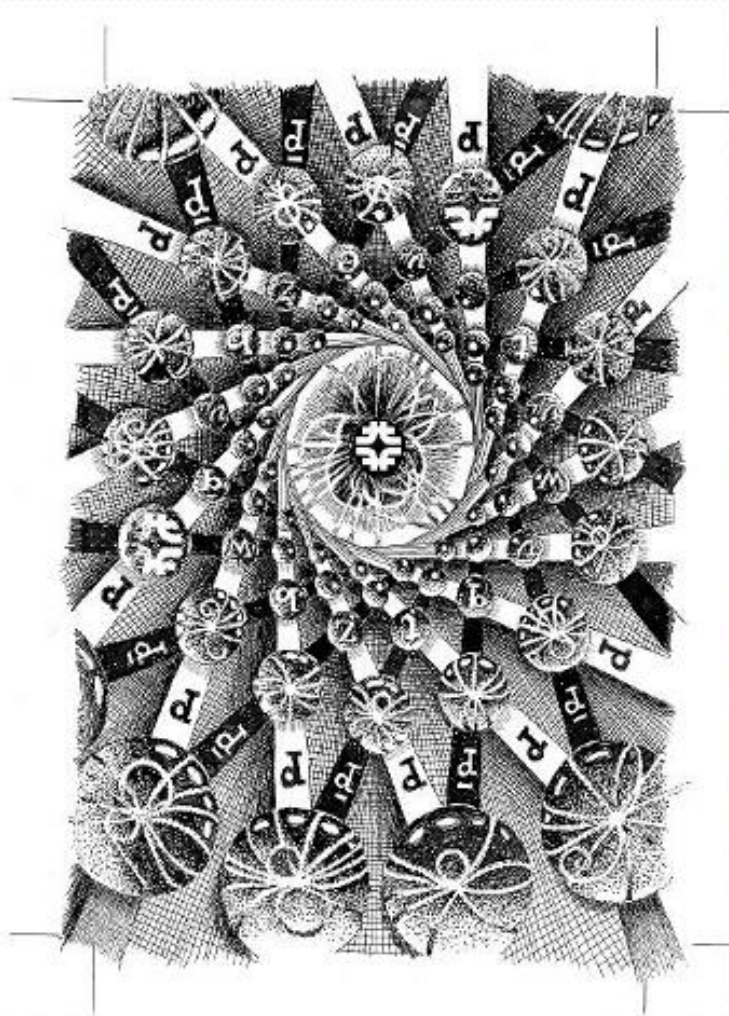
p**ART**icle physics

STE**A**M



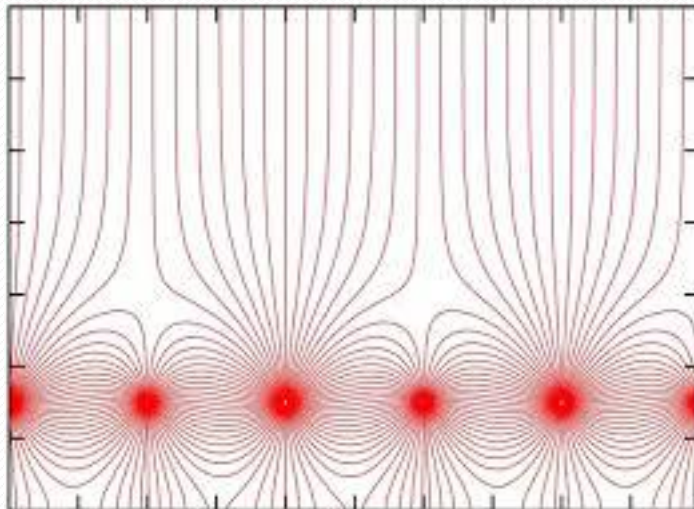


# Csak mert szép



# Mutasd az esernyőd, megmondom ki vagy!

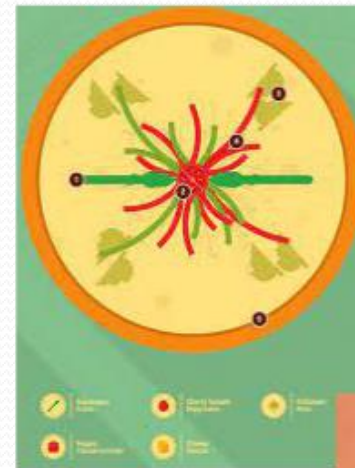
## REGARD



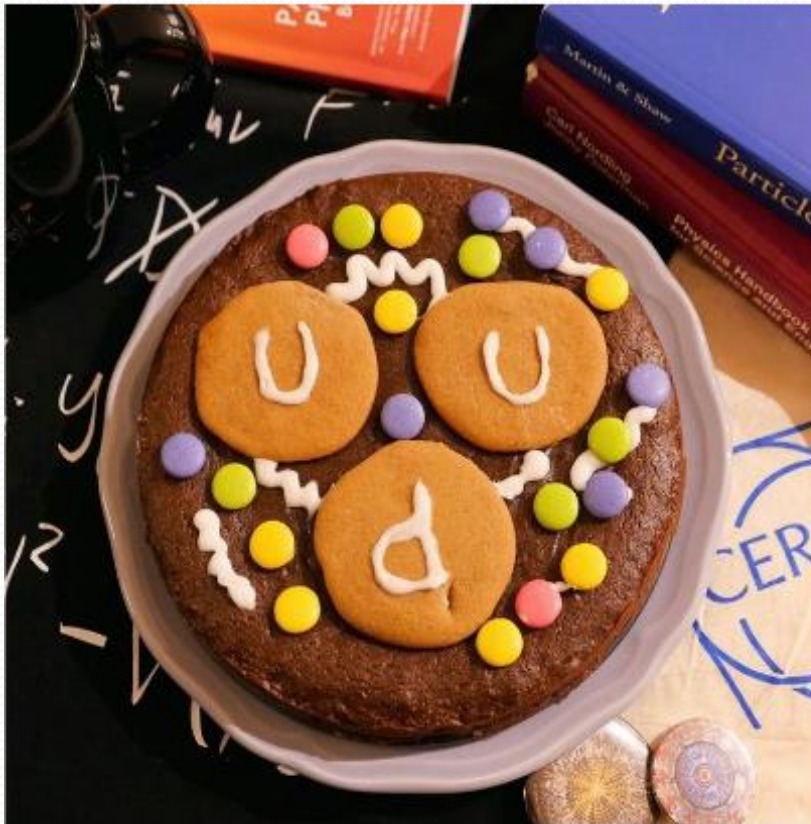


# Az Isteni Higgs pizza

2012. július 4.



# Proton muffin





# Gasztro részecskefizika ☺





„Én sosem tanítom a diákjaimat,  
csak megpróbálom  
megteremteni  
a feltételeket, amelyekben  
tanulhatnak.”

Albert Einstein