

Bevezető a „Bevezetés a részecskefizikába” előadásokhoz



Avagy, hogyan építsünk
atomfizikát?

Oláh Éva Mária
Mechatronikai Szakközépiskola, Budapest
ELTE, Fizikatanári Doktori Iskola, Fizika Tanítása Program
olaheva@hotmail.com

Ismeretlen ismerősök?

PROTON



BOZON



HADRON



NEUTRON

ELEKTRON

MEZON



BARION



POZITRON

LEPTON

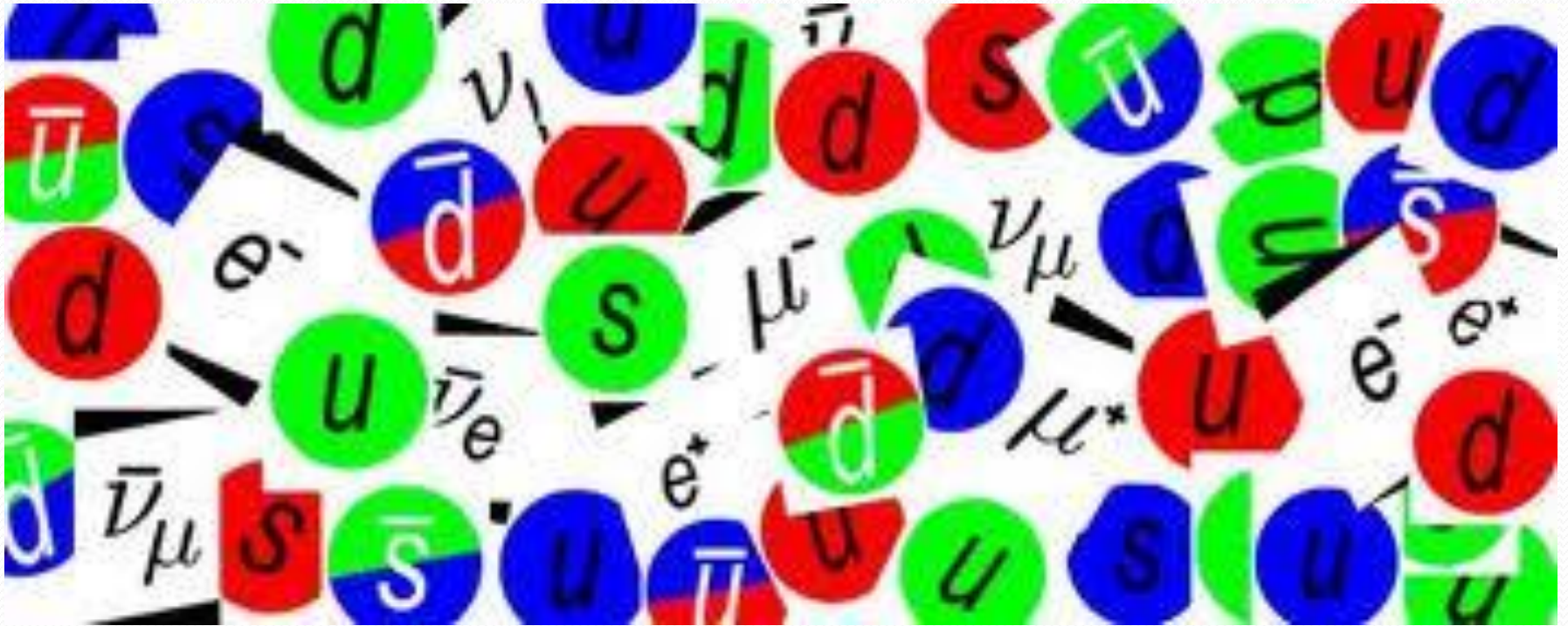
ANTINEUTRINO



NEUTRINO



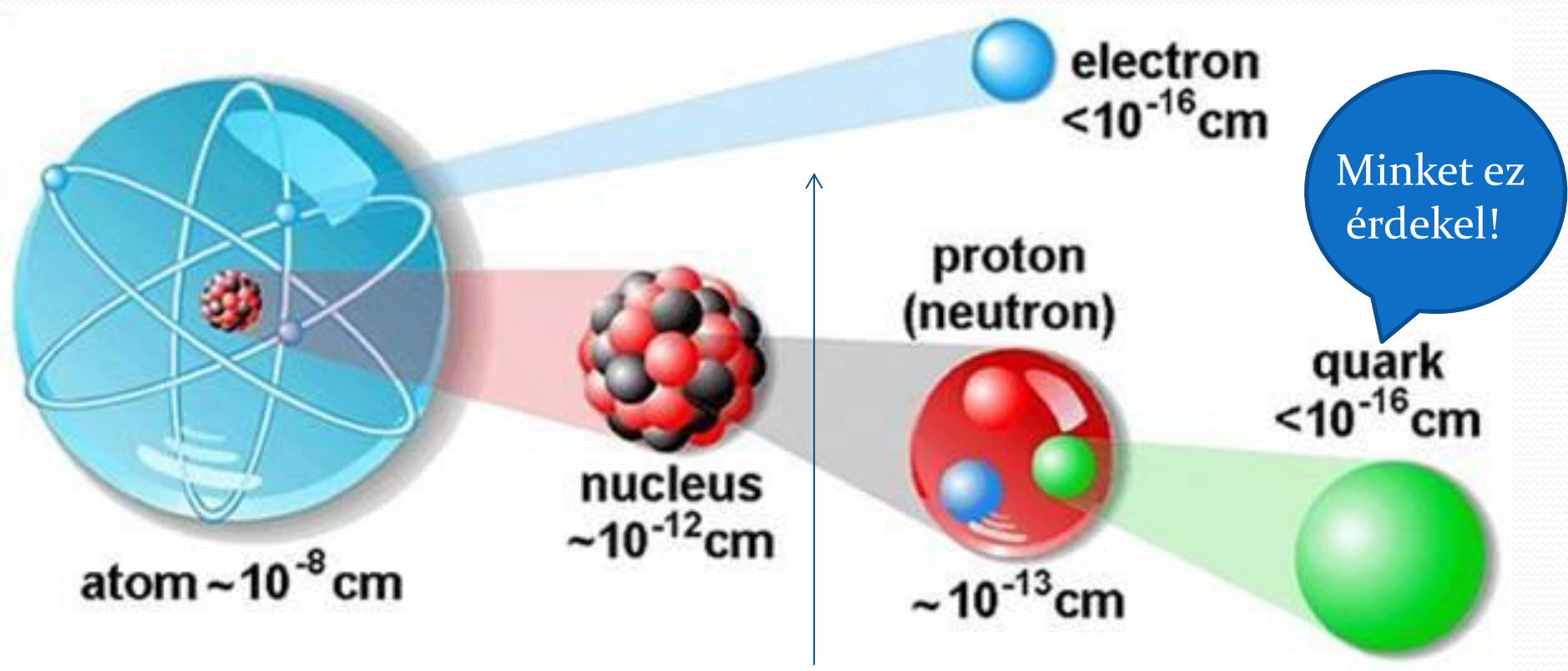
Tudunk játszani ezzel a kártyajátékkal?



Dr. Csörgő Tamás

Na, de kezdjük az elejéről...

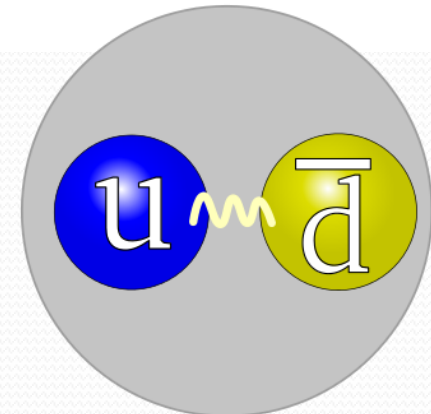
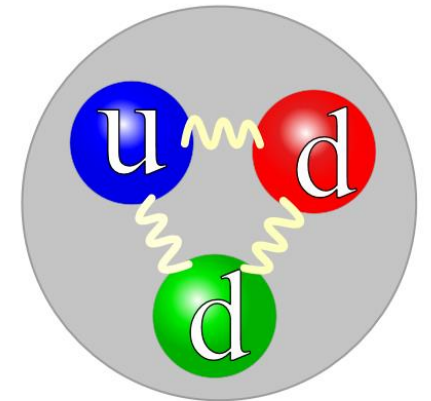
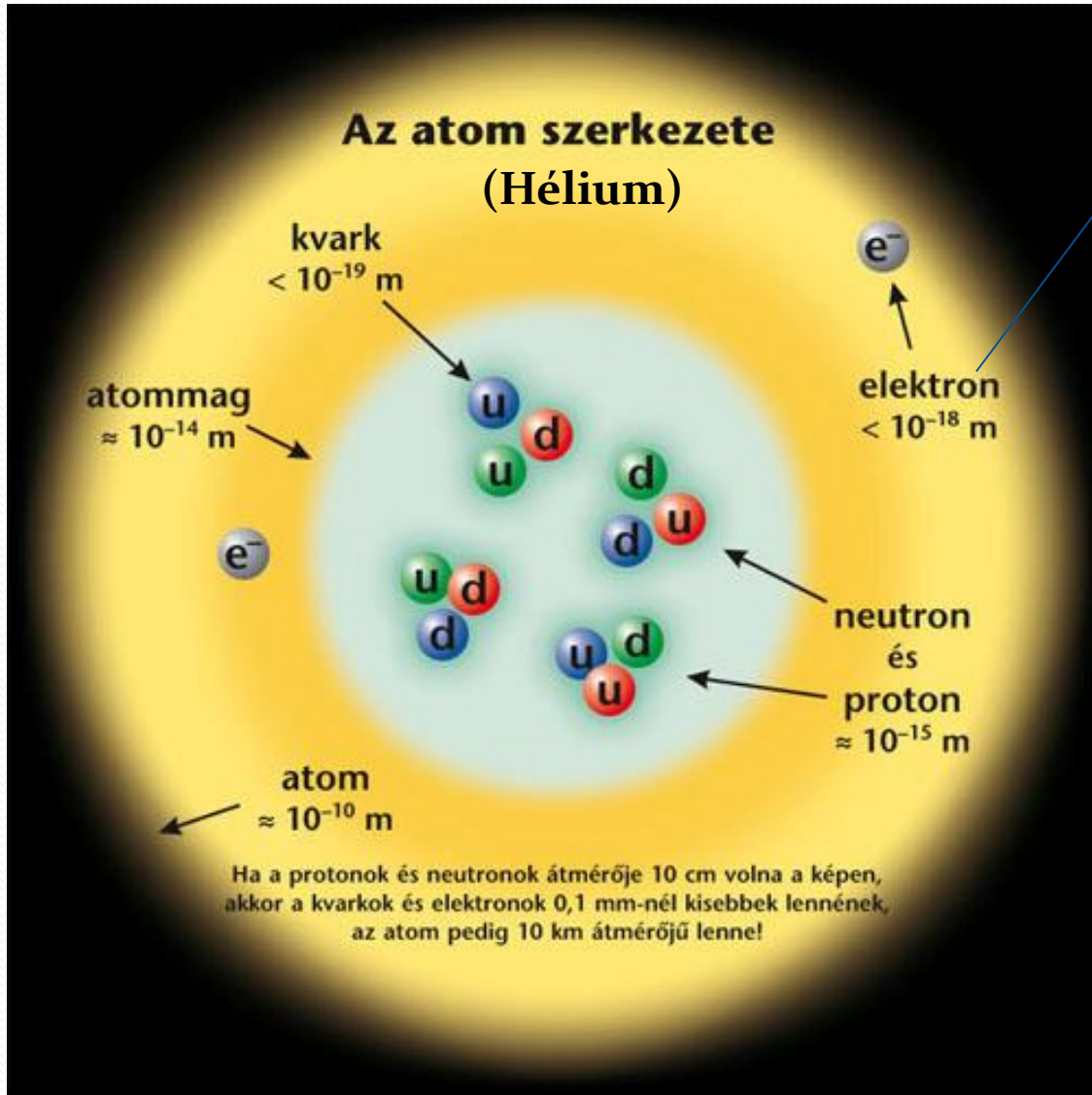
Mit tanultunk a kémia órákon?



De csak a nukleonok szintjéig!

És ráadásul még színesek is!

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



Alapkészlet a szemléltetéshez



Próbáljuk meg játszva!



+

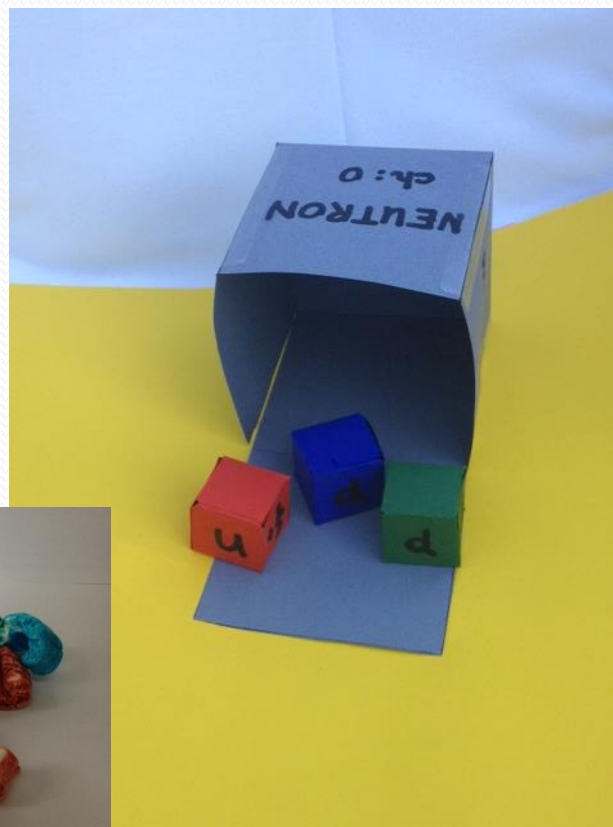


=

NUKLEONOK

Rendben, ezt eddig is tudtuk 😊

Mi van a „mackó” hasában?

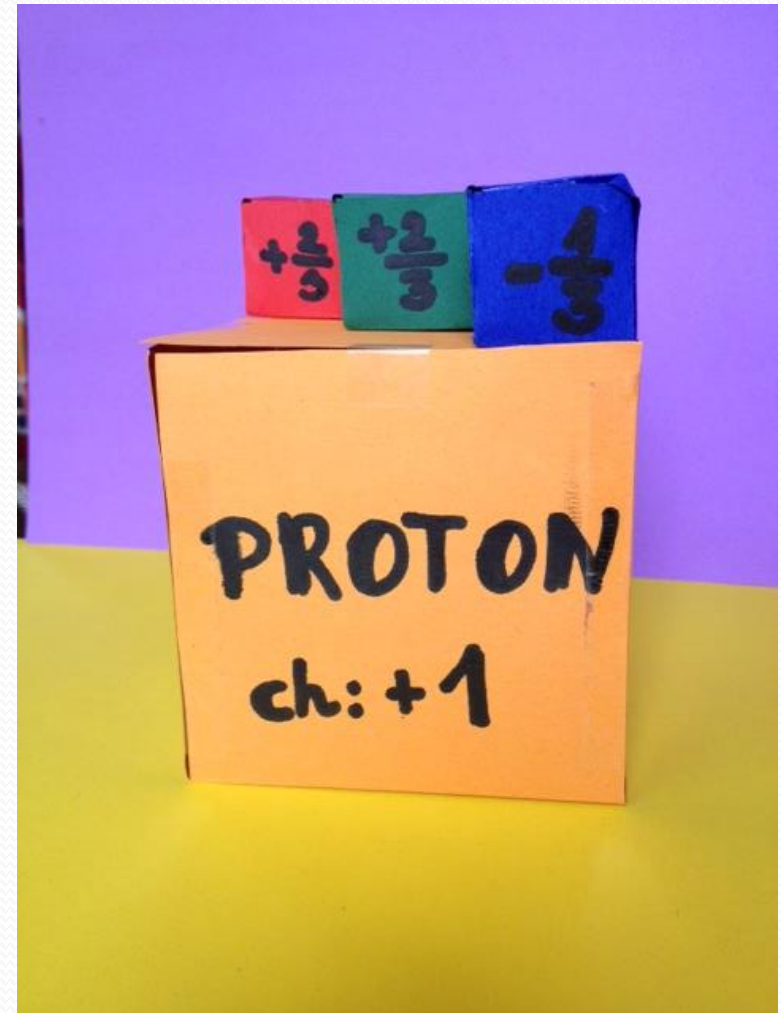
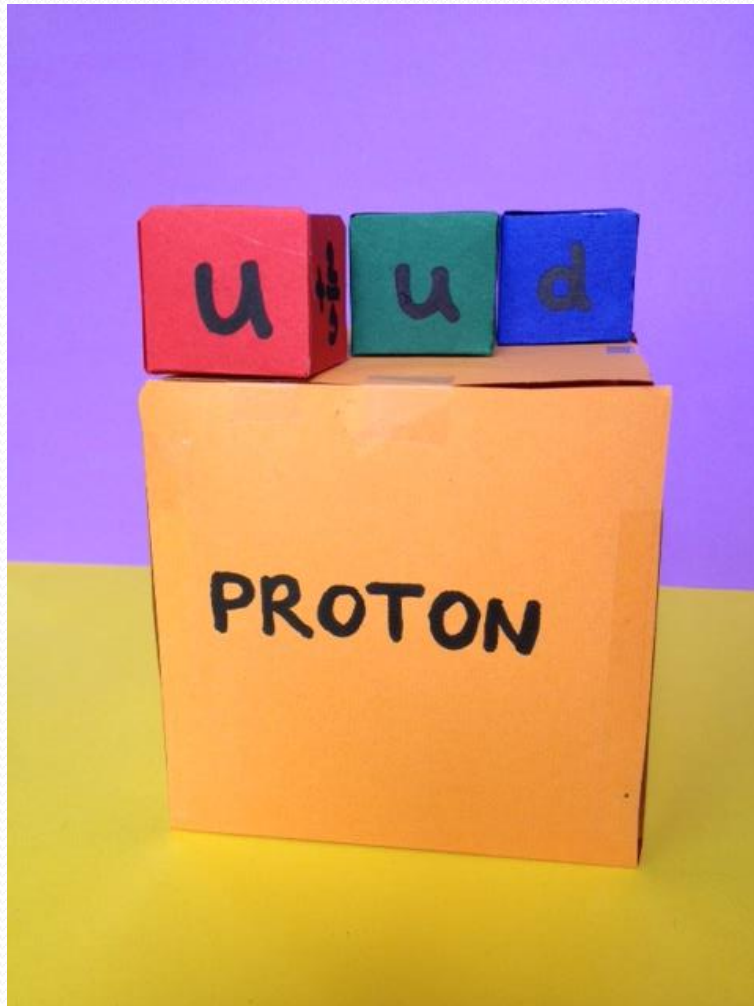


...és még sok-sok gluon

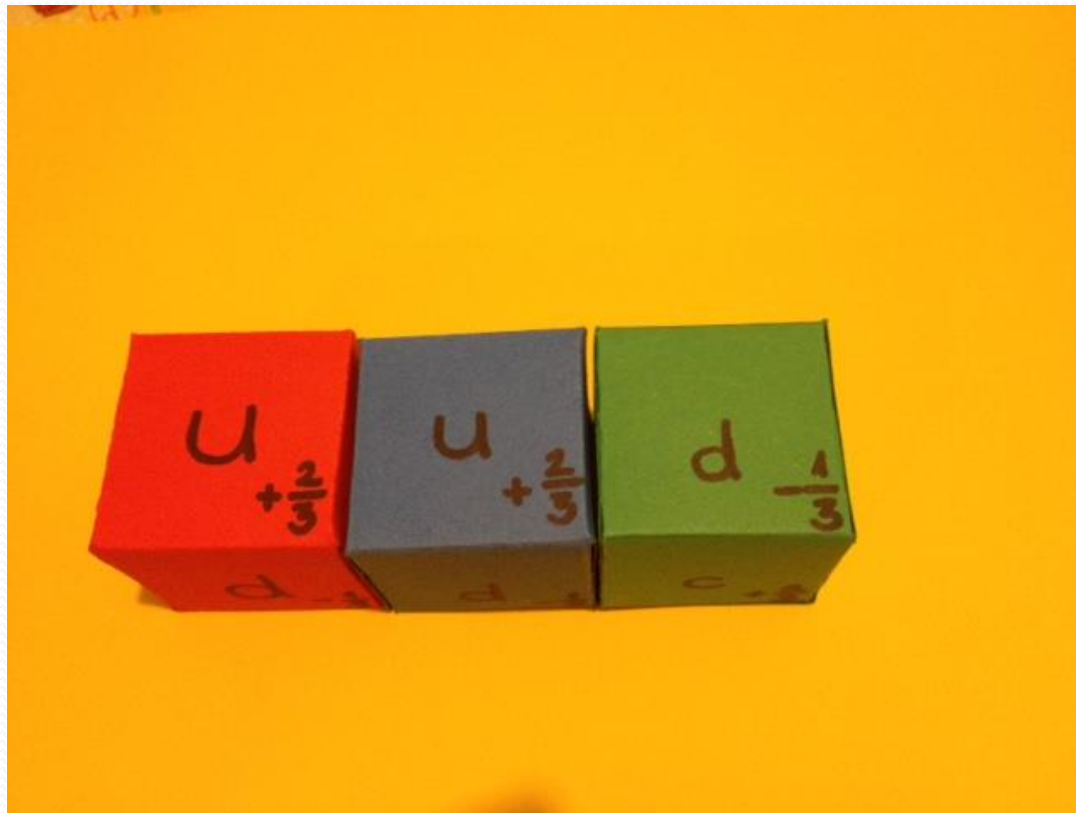
SŐT! (nagy energiákon)



De nézzük meg milyen kvarkok alkotják a protont?



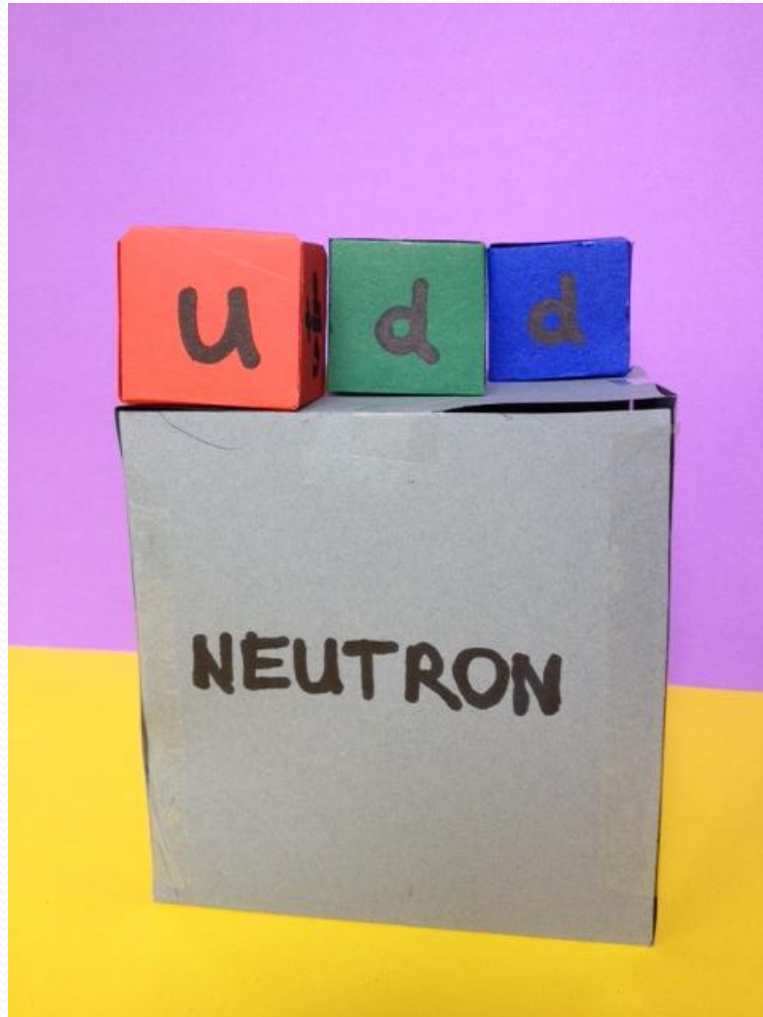
Nézzük csak meg közelebbről!



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



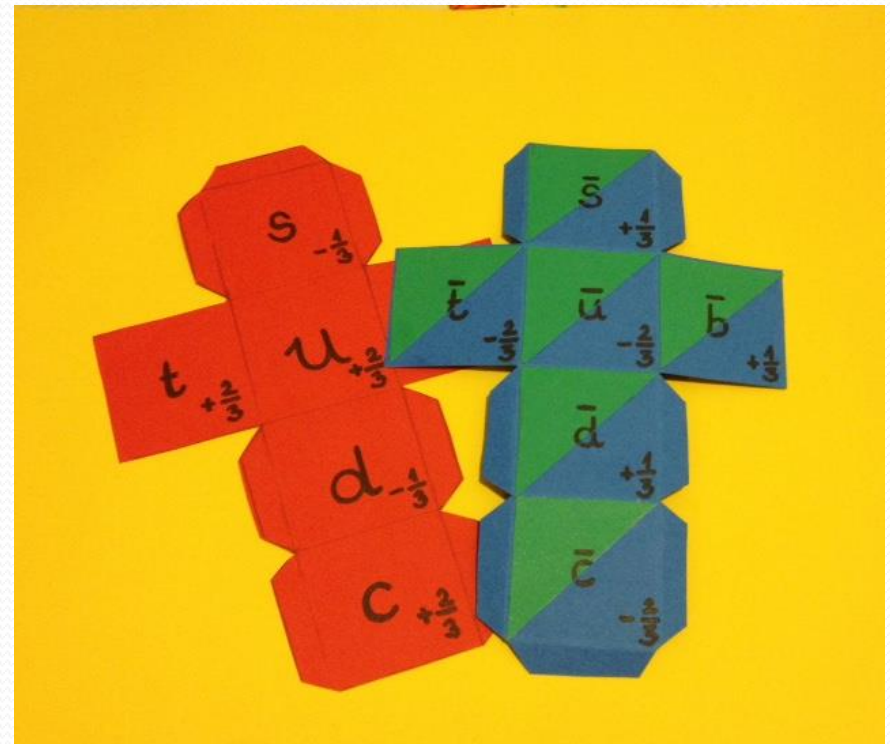
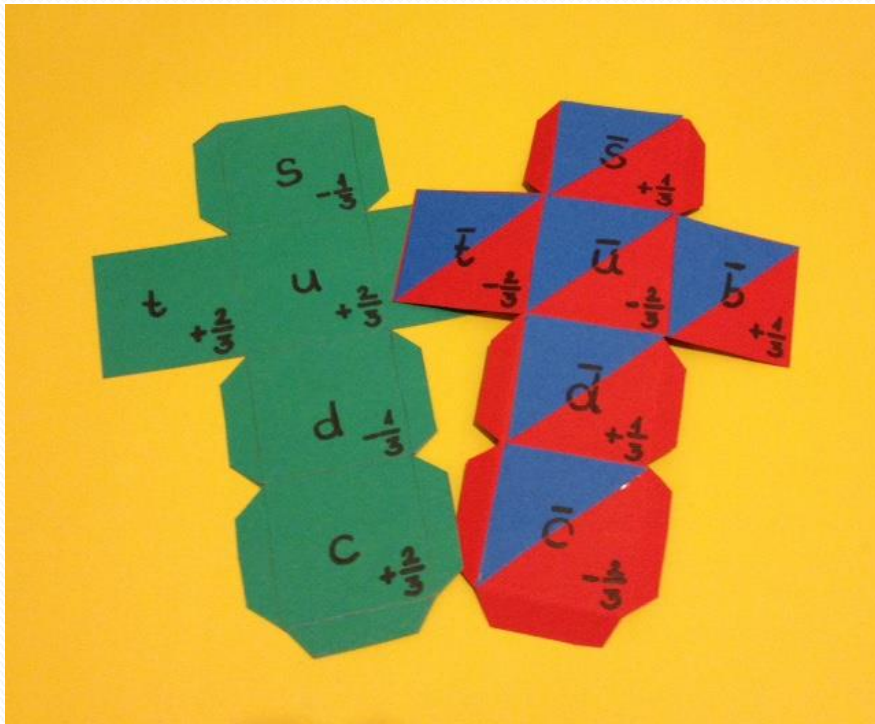
Kvarkokból összesen 6-féle van

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

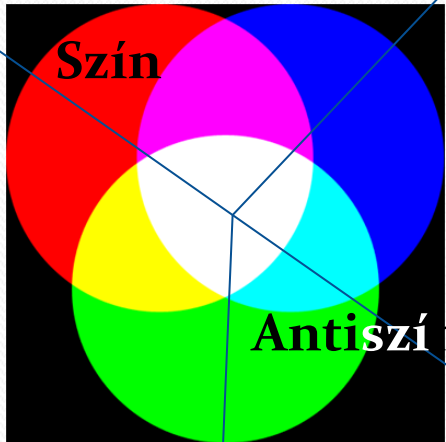
magyar név	angol név	jelölés	<u>nyugalmi tömeg</u> (GeV/c ²)	<u>elektromos töltés</u> (e)
Fel	Up	<i>u</i>	0,0015-0,005	2/3
Le	Down	<i>d</i>	0,017-0,025	-1/3
Bájos	Charm	<i>c</i>	1,1-1,4	2/3
Ritka	Strange	<i>s</i>	0,06-0,17	-1/3
Felső	Top	<i>t</i>	165-180	2/3
Alsó	Bottom	<i>b</i>	4,1-4,4	-1/3

Még szerencse☺, mert így...

...pont ráfér egy kocka 6 oldalára ☺

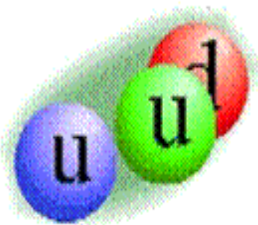


Készítsünk 3 kvark és 3 antikvark kockát!
Ugyanis még a színtöltésükre is figyelniük kell!



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

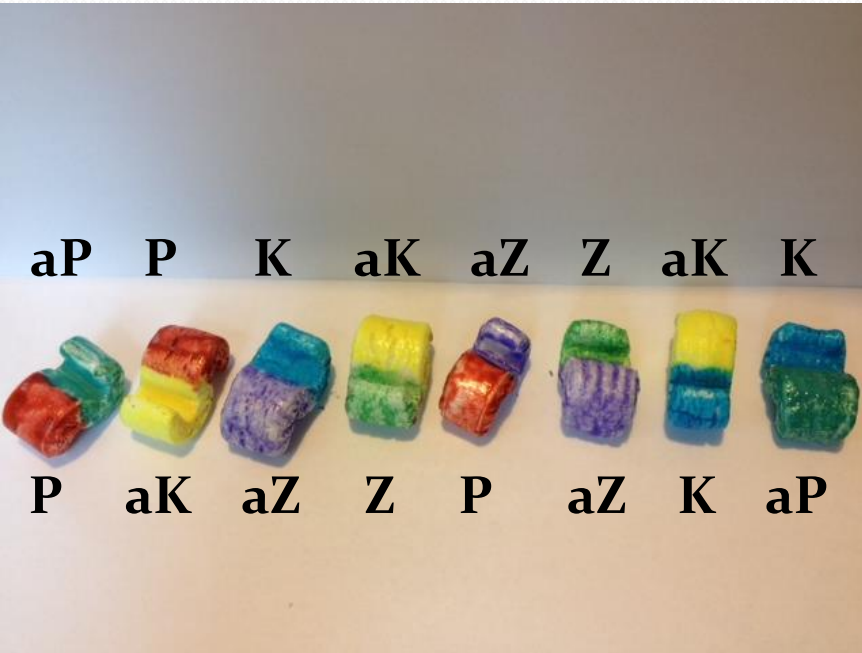


Eddig tehát szó volt a kvarkokról és a köztük lévő gluonokról

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

A gluonokról

Melyik a kakukktojás?



ők is színt-antiszínt hordoznak

+ Z-aP, +2"szürke"

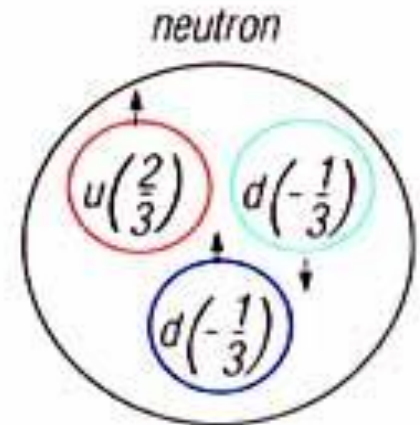
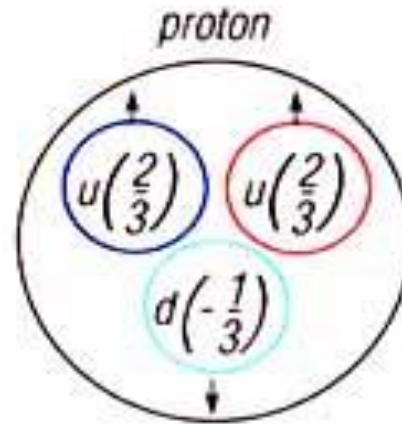


8 különböző fajtája van,
de "fehér" nem lehet

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

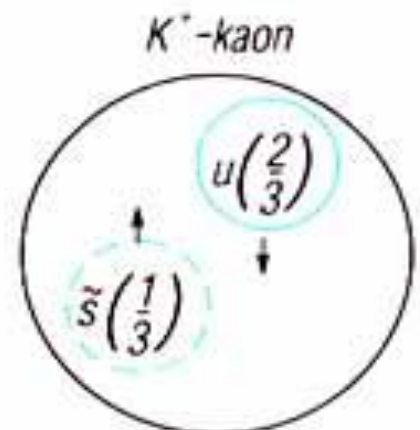
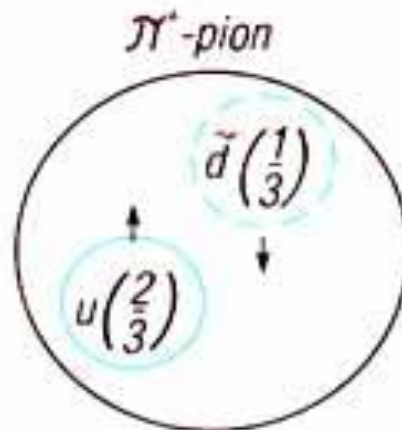
H
A
D
R
O
N
O
K

Barionok →
(3 kvarkból állnak)

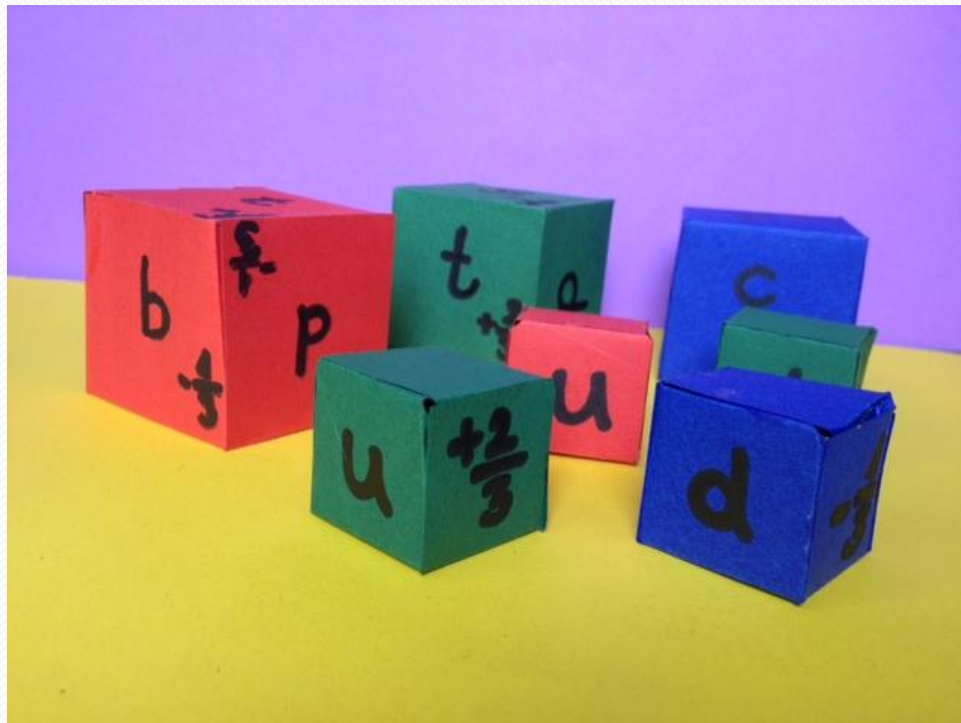


Mezonok →

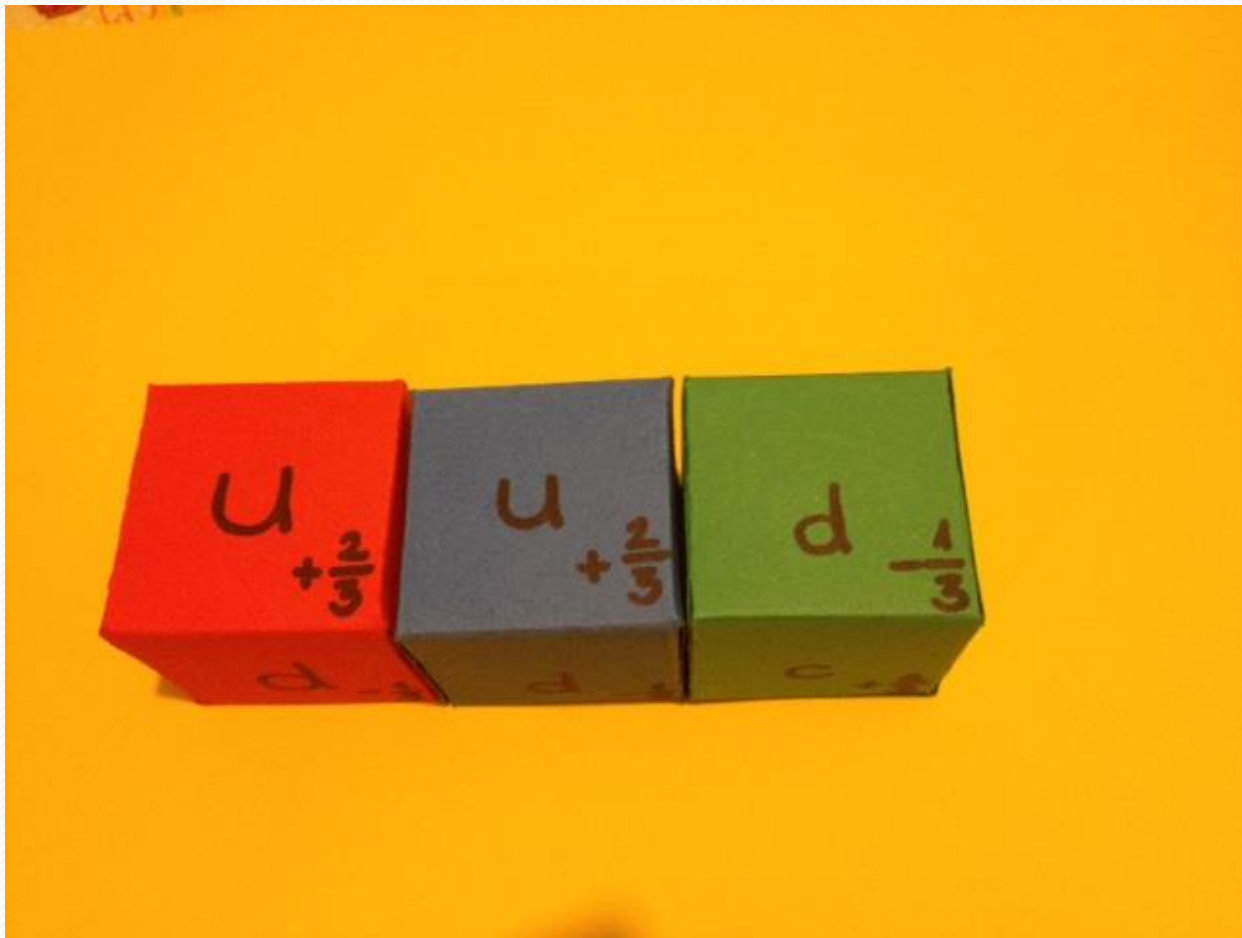
(1 kvarkból és 1 antikvarkból állnak)



Próbáljunk meg először barionokat kirakni a kockáinkból!



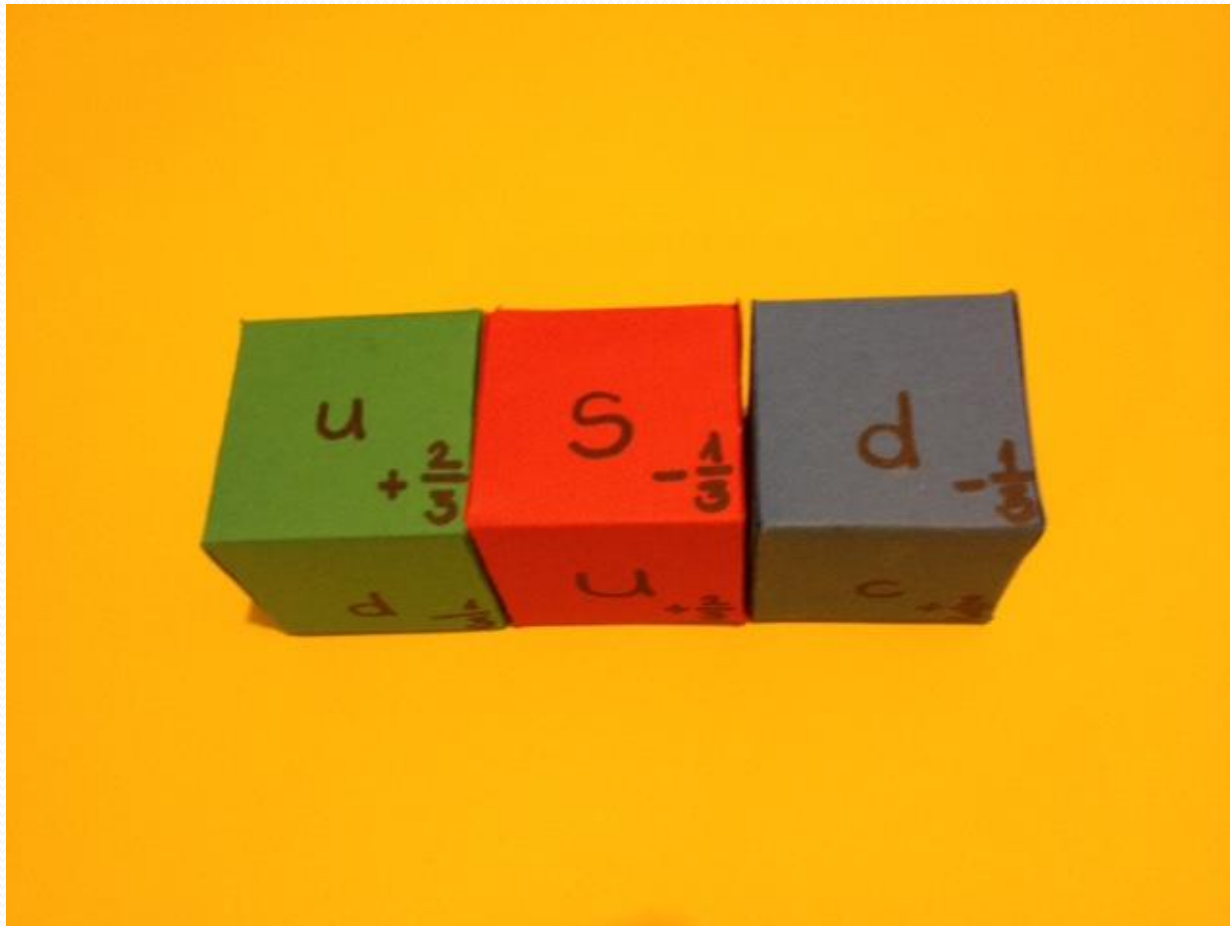
A protont most már úgy is
nevezhetjük, hogy (3 kvarkos)
barion



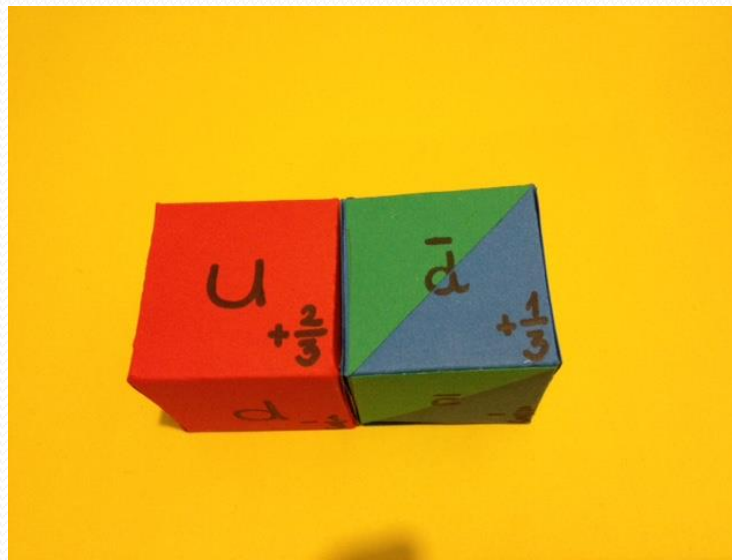
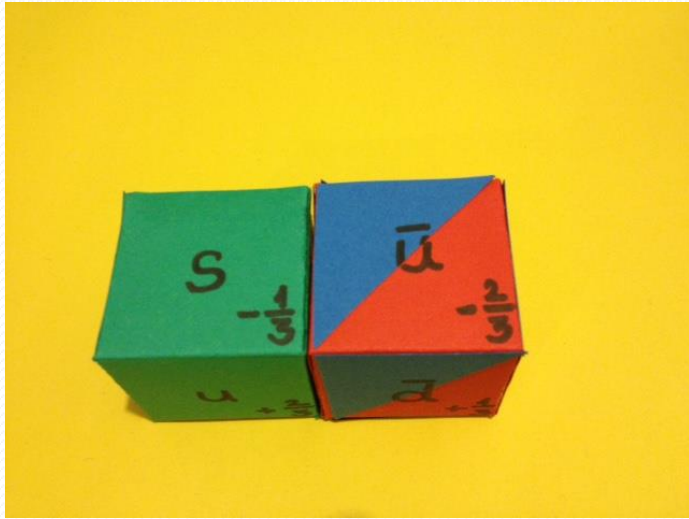
A neutron szintén 3 kvarkból álló barion



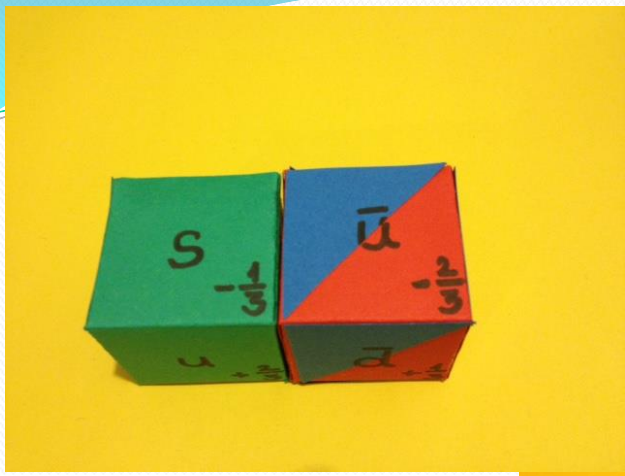
De lehet akár más részecskéket is
hasonlóan összeállítani. Pl.: Λ -részecskét
(töltése= 0)



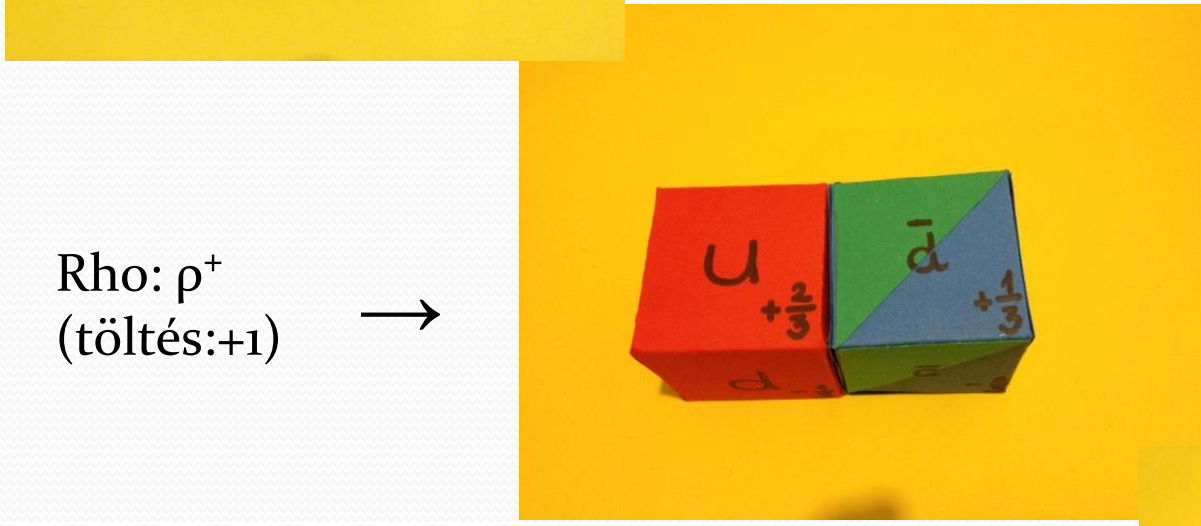
A hadronok másik csoportja: a mezonok,
amik egy kvarkból és egy antikvarkból állnak
(és ne feledjük: szín és antiszínből!)



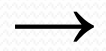
M
E
Z
O
N
O
K



← Kaon: K^-
(töltés:-1)



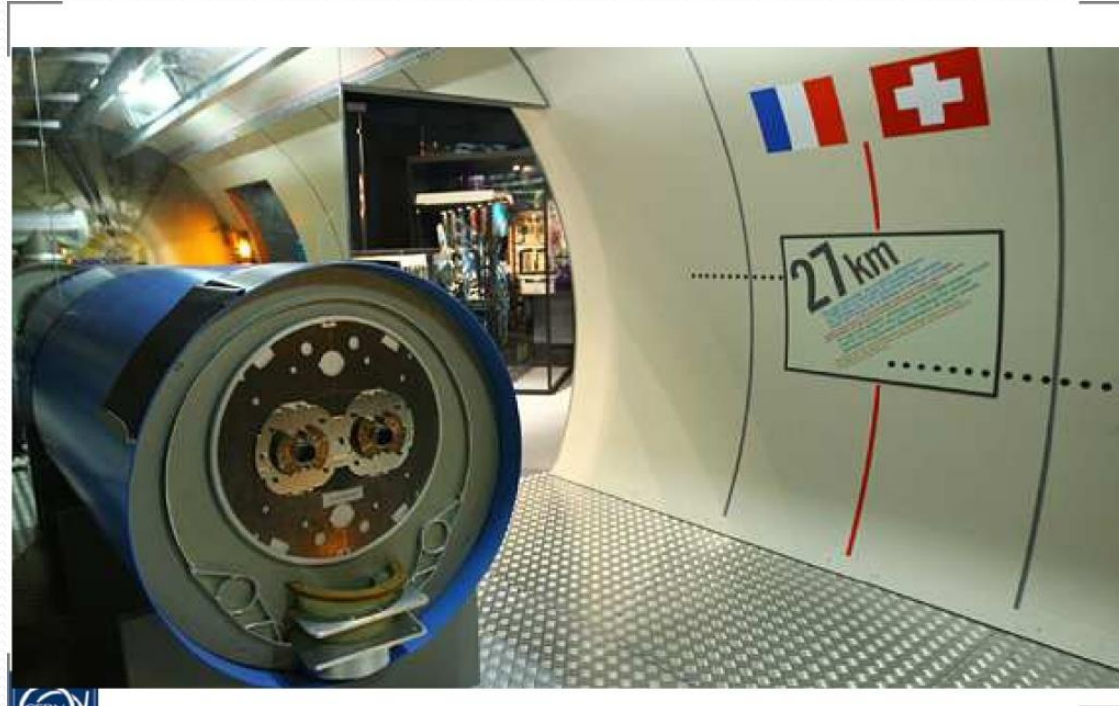
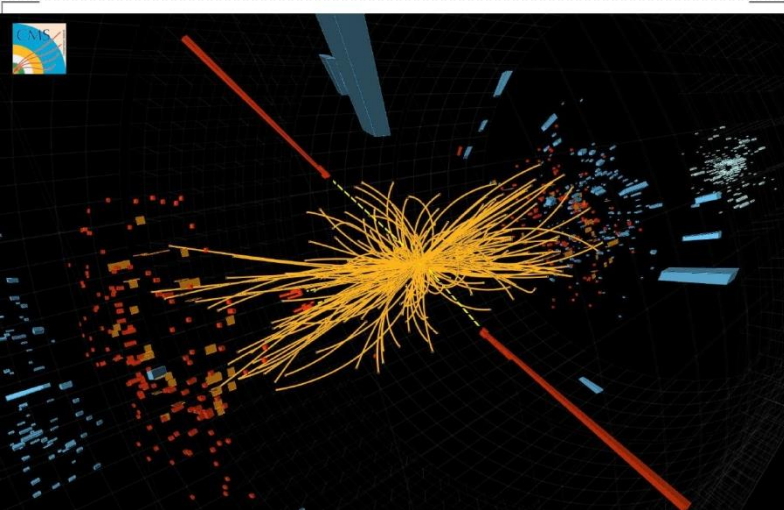
Rho: ρ^+
(töltés:+1)



J/ Ψ
(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 μ	 gluon
 top	 beauty	 tau	 neutrino τ	 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	gluonok (8-féle)	0	színtöltés	hadronokra	10^{-15}
elektromágneses	foton	0	elektromos töltés	elektromosan töltött részecskére	végtelen
gyenge	Z⁰ W⁺ és W⁻	91, 80 GeV/c ²	gyenge töltés	minden 1/2 spinű részecskére	10^{-18}
gravitációs	graviton*	0	tömeg	mindenre	végtelen

És hogy még bonyolultabb legyen az életünk:

Lehet másképpen is osztályozni a részecskéket!

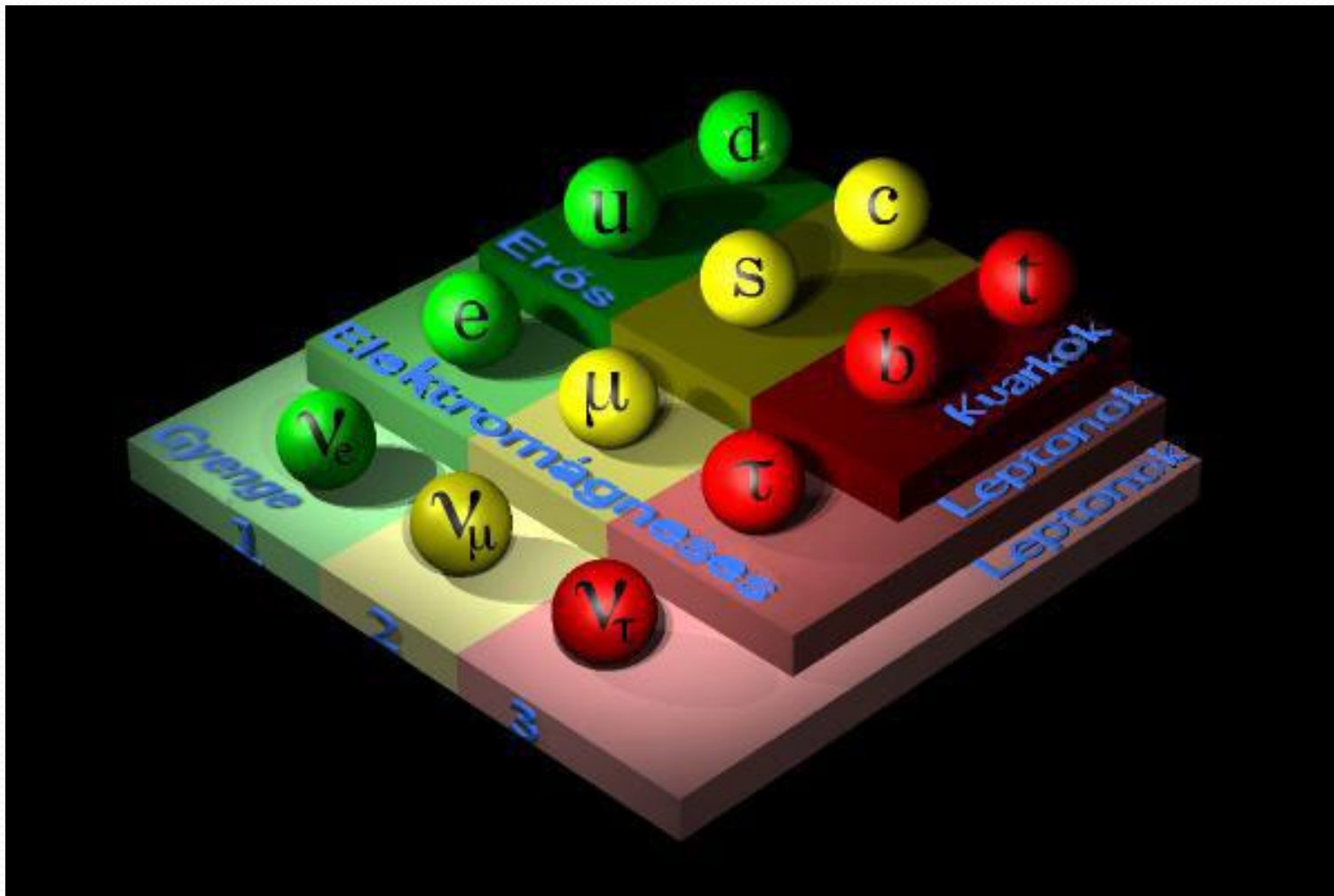
» Spin szerint:

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)

De ne is menjünk bele, túl bonyolult?



A leptonokat felsorolom, mert
némelyikükre később szükségünk lesz

ν_e e neutrino

e^- electron

ν_μ μ neutrino

μ^- muon

ν_τ τ neutrino

τ^- tau

Ismerős és ismeretlen megmaradási törvények

Ch (charge): elektromos töltés

Sp: spin (impulzus momentum)

B: barionszám

L: leptonszám

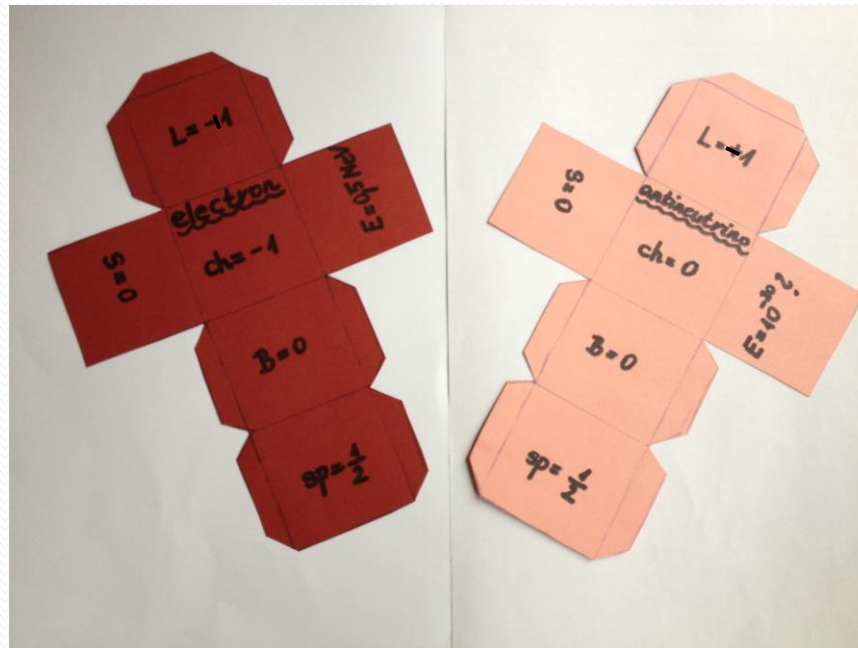
E: energia/tömeg

p: impulzus

Miért pont ezek?

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

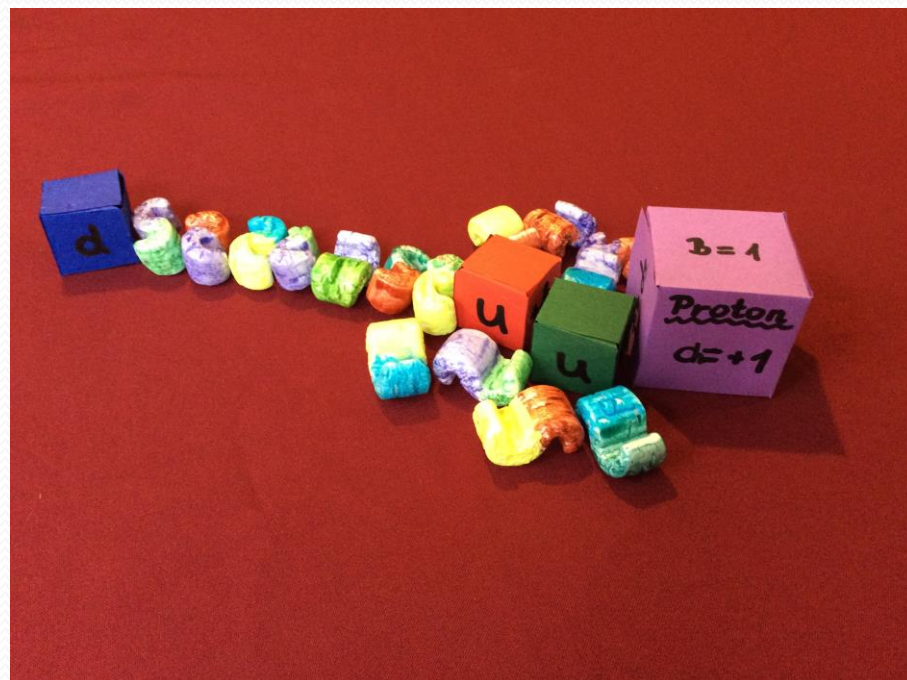
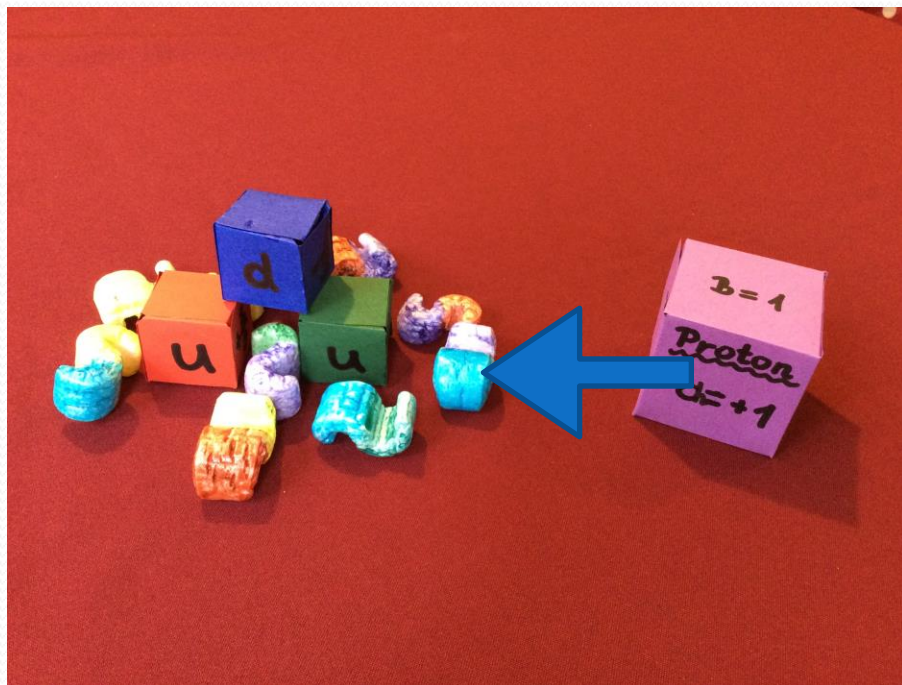
Készítsünk újabb kockákat, amelyeknek az oldalain a megmaradó mennyiségek szerepelnek!



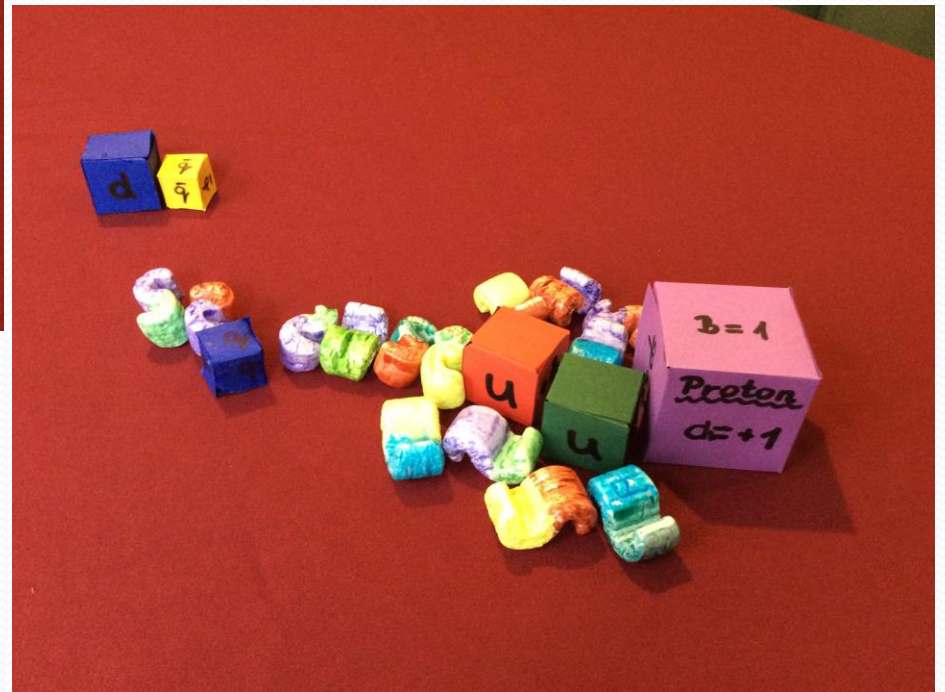
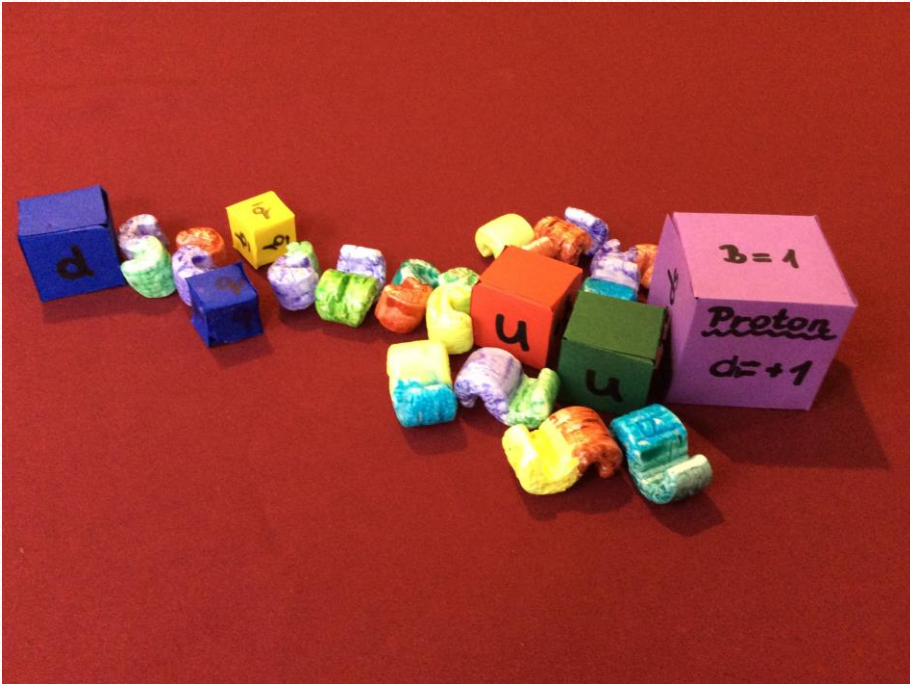
Egy kis segítség

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	

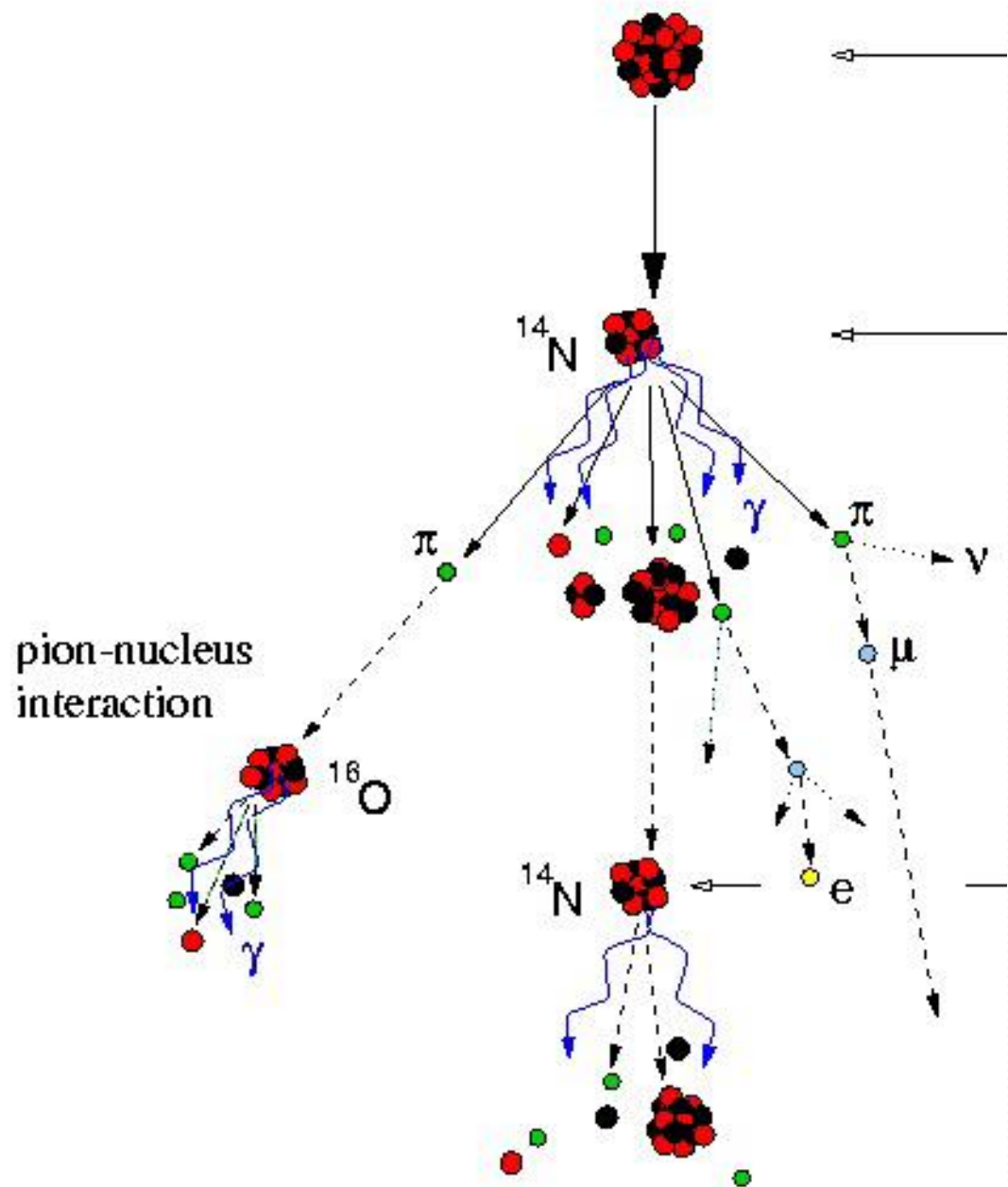
Kvarkbezárás > mezonok keletkezése



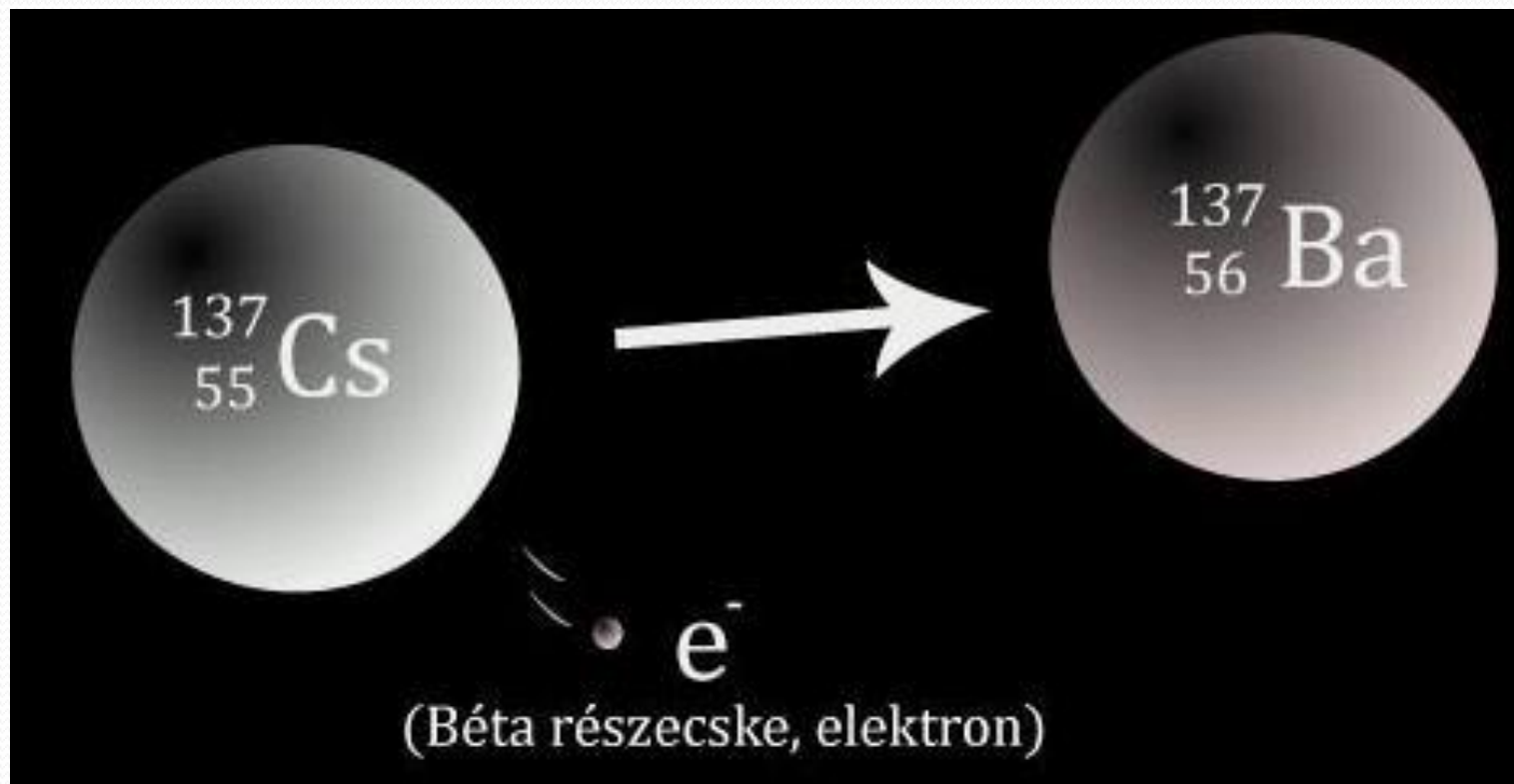
Gluon > kvark-antikvark párkeltés



Valahogy így
keletkeznek a
 kozmikus
 sugárzásban a
 pionok 😊



Gyenge kölcsönhatás



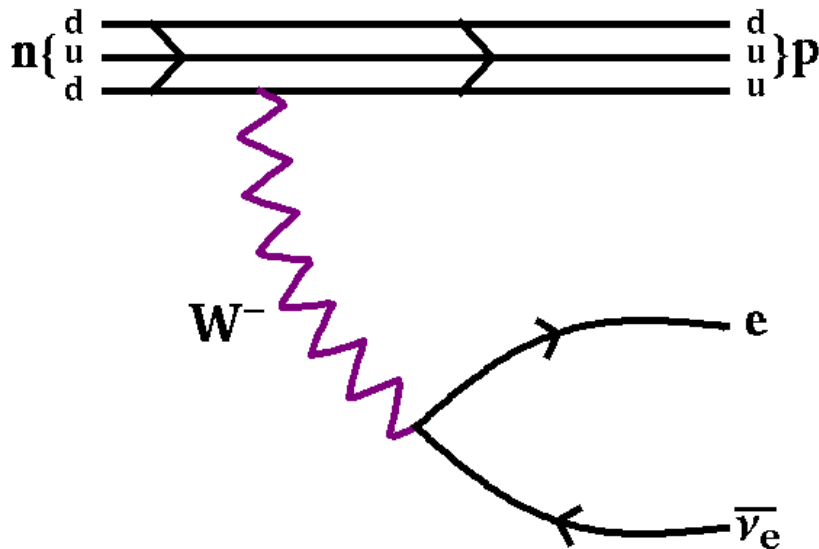
A radioaktív bomlások egyik fajtája a β -bomlás

- 3 fajtája létezik:
- -**Negatív β -bomlás:** itt a mag egyik neutronja a gyenge kölcsönhatás révén (a W -bozon közvetítésével) protonná alakul. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$
- -**Pozitív β -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:

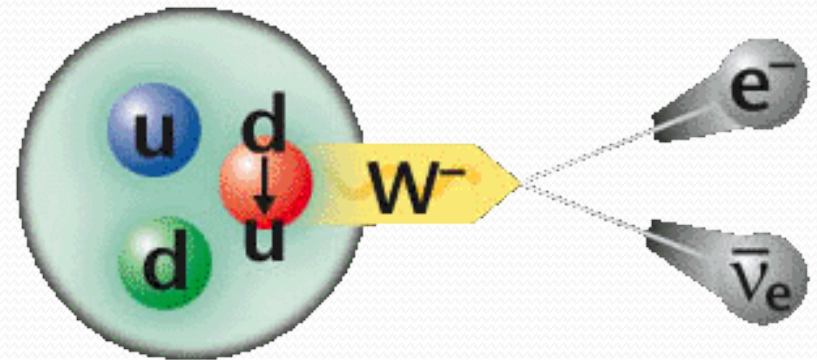
Neutron Decay
(Neutron bomlás)



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

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

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



Ezt is próbáljuk meg a kockák segítségével megértetni!

Szerencsére „legyártottuk” már hozzá az
egyres részecskéket



Kezdjük a neutron β -bomlásával



Ellenőrizzünk pár megmaradási törvényt!

A neutron β -bomlása



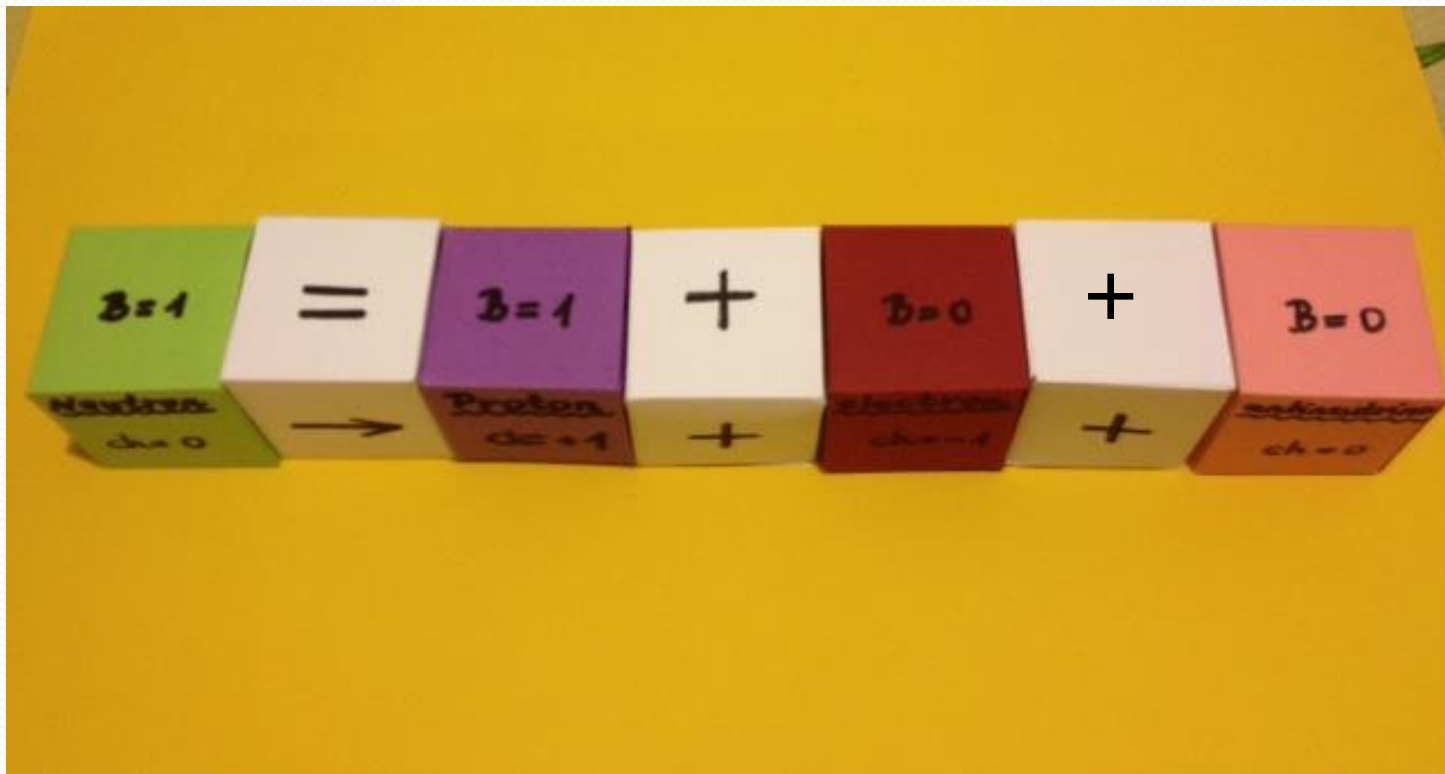
Elektromos töltés: $0 \rightarrow (+1) + (-1) + 0$

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

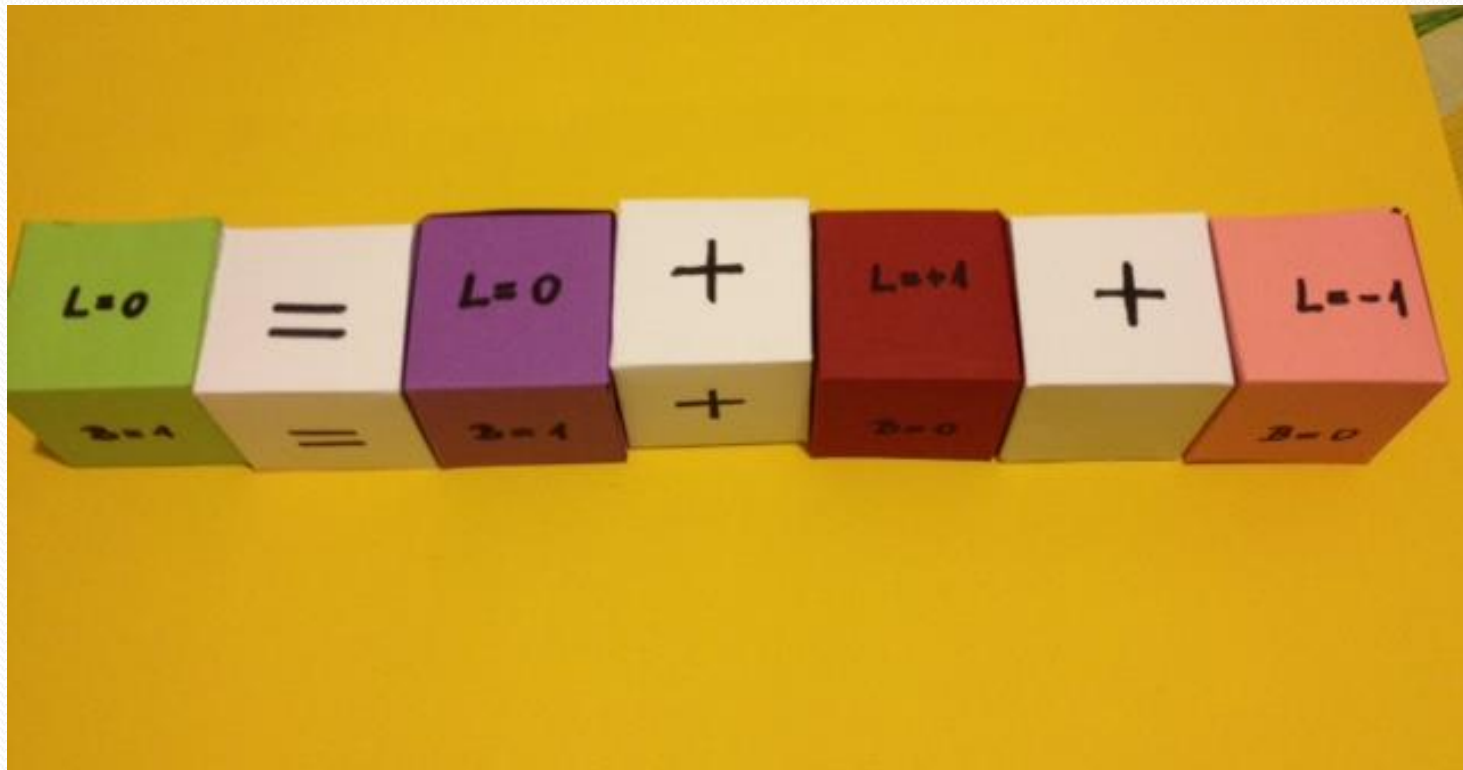
Leptonszám: $0 \rightarrow 0 - (+1) + (-1)$

Vegyük először a barion szám megmaradást!

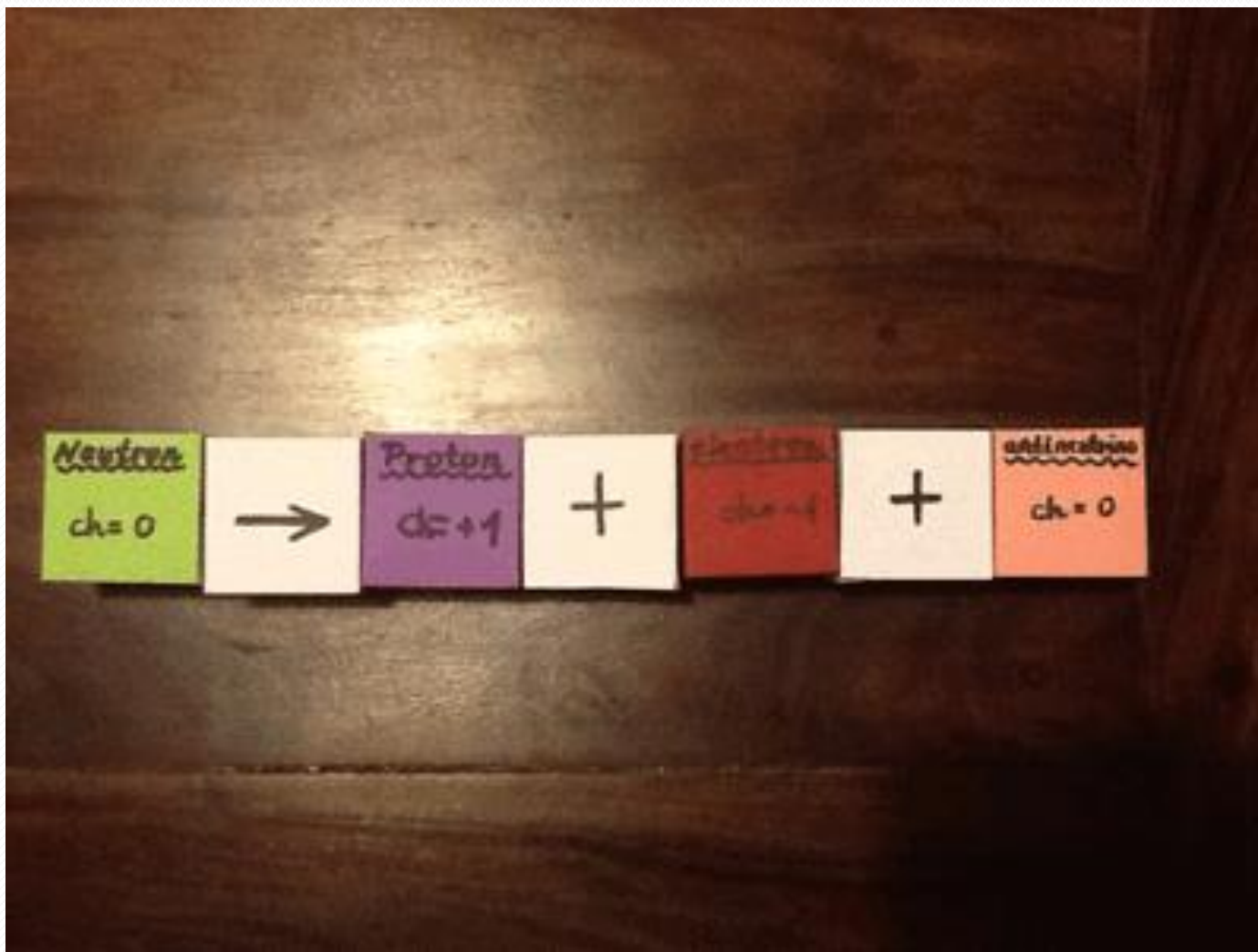
Ehhez forgassunk egyet a kockáinkon!



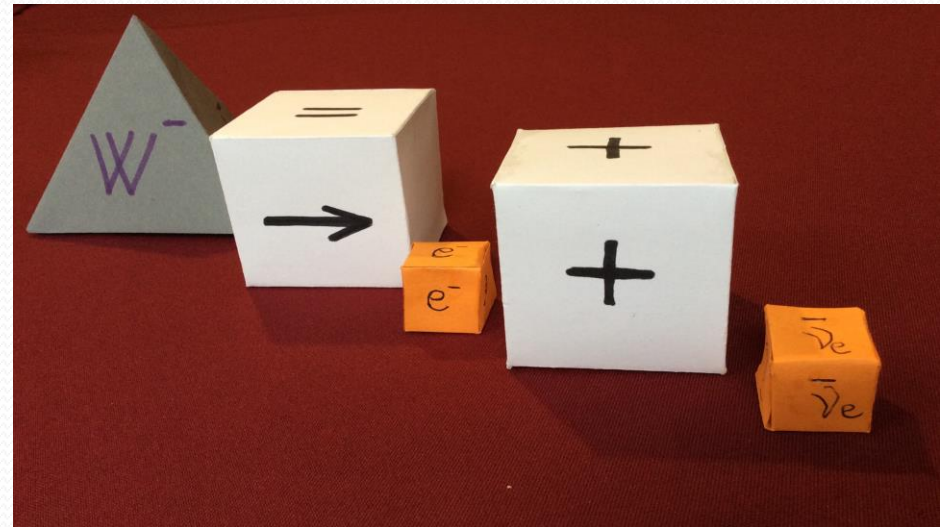
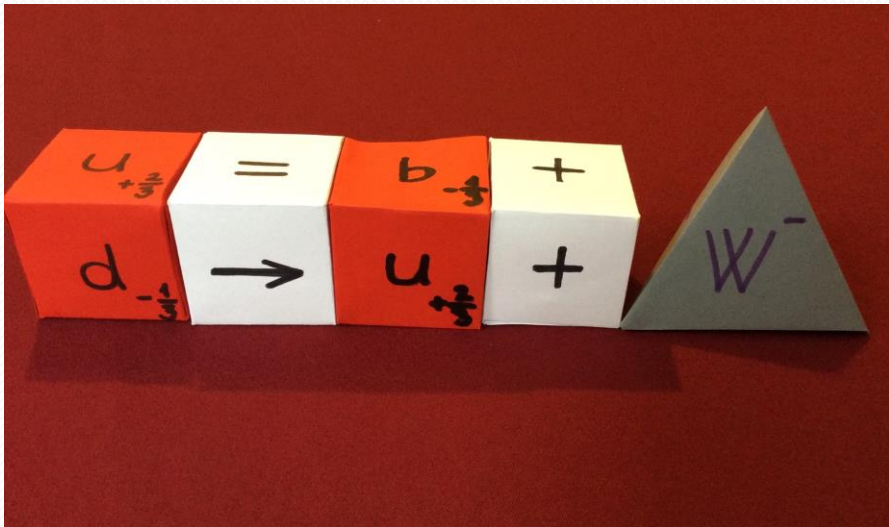
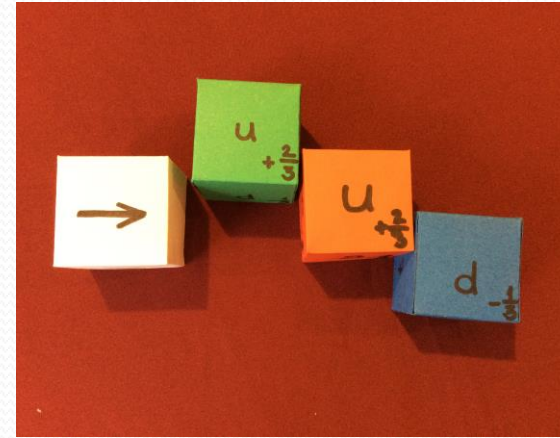
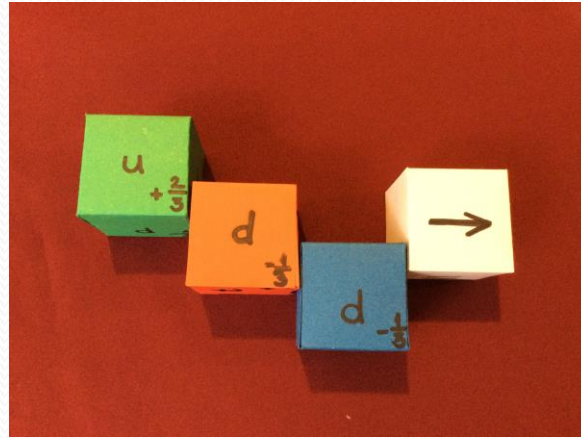
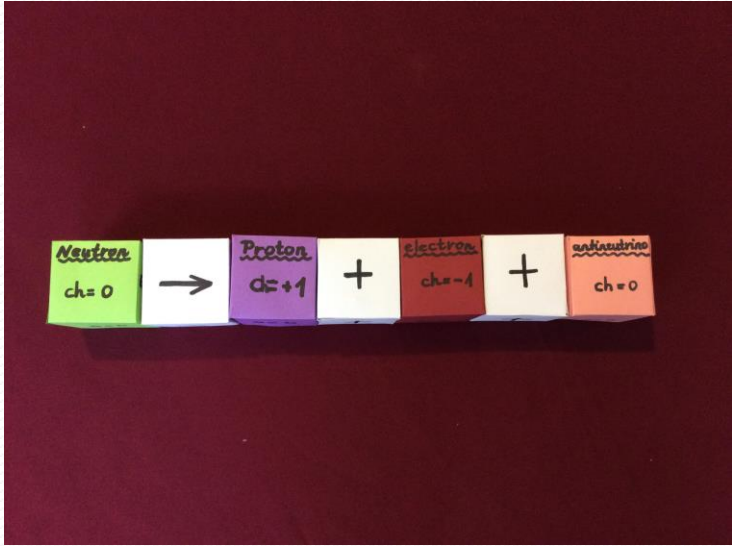
Majd a lepton szám megmaradását is!
Még egyet forgatnunk kell a kockákon



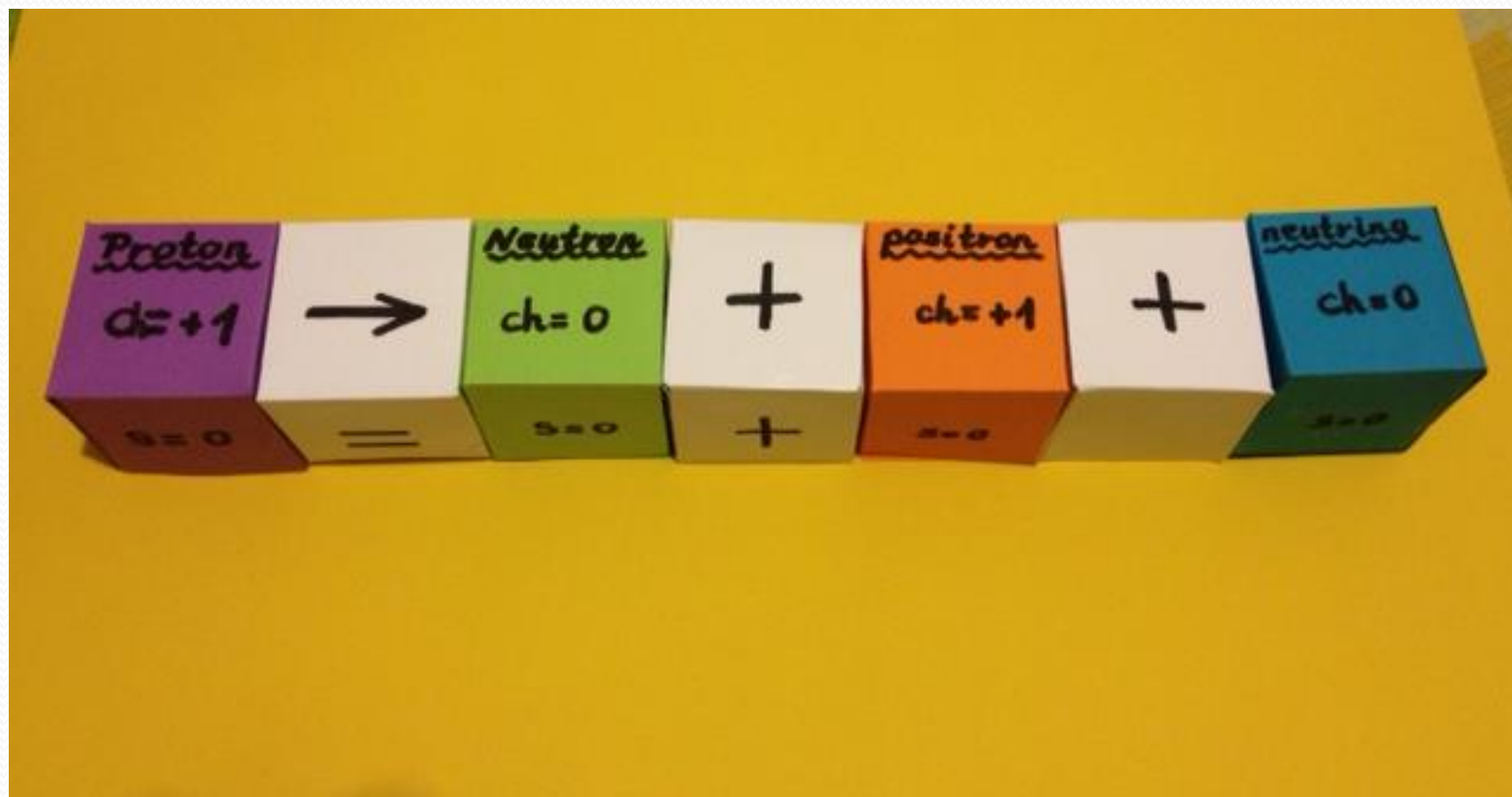
Minden egyes forgatással más és más mennyiség jelenik meg az oldalakon



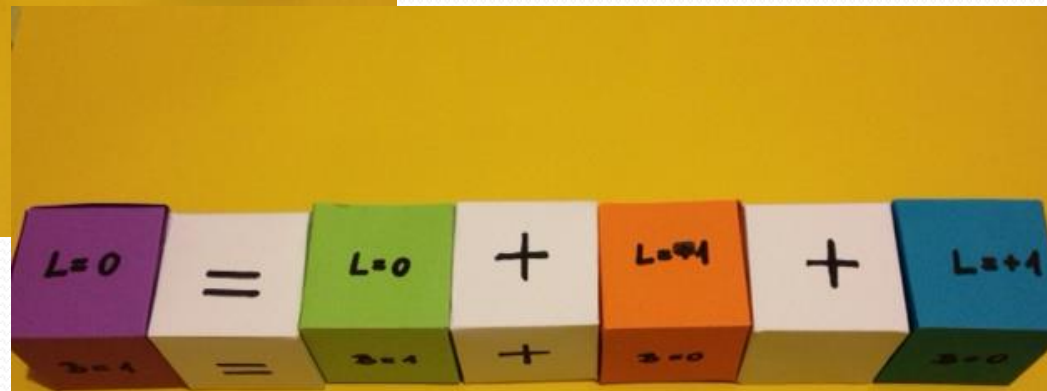
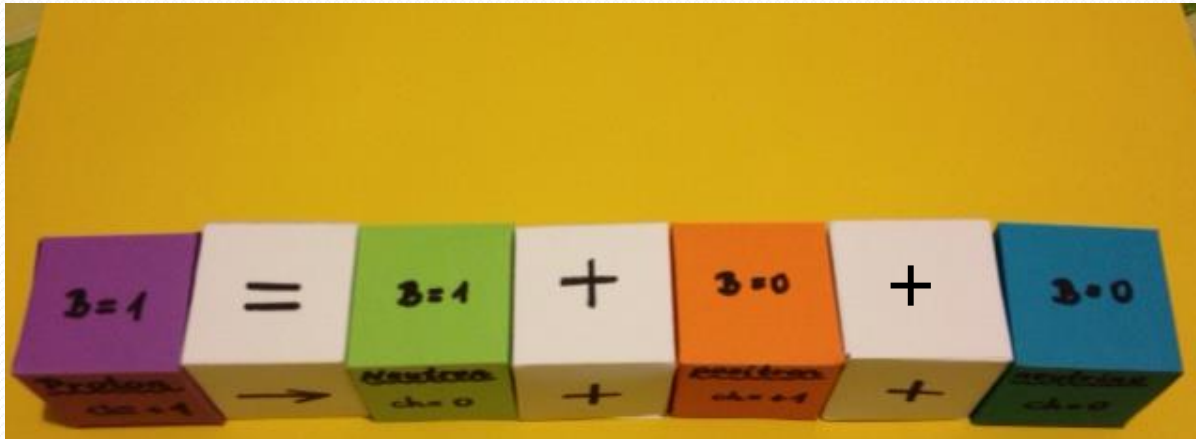
Kvark szinten



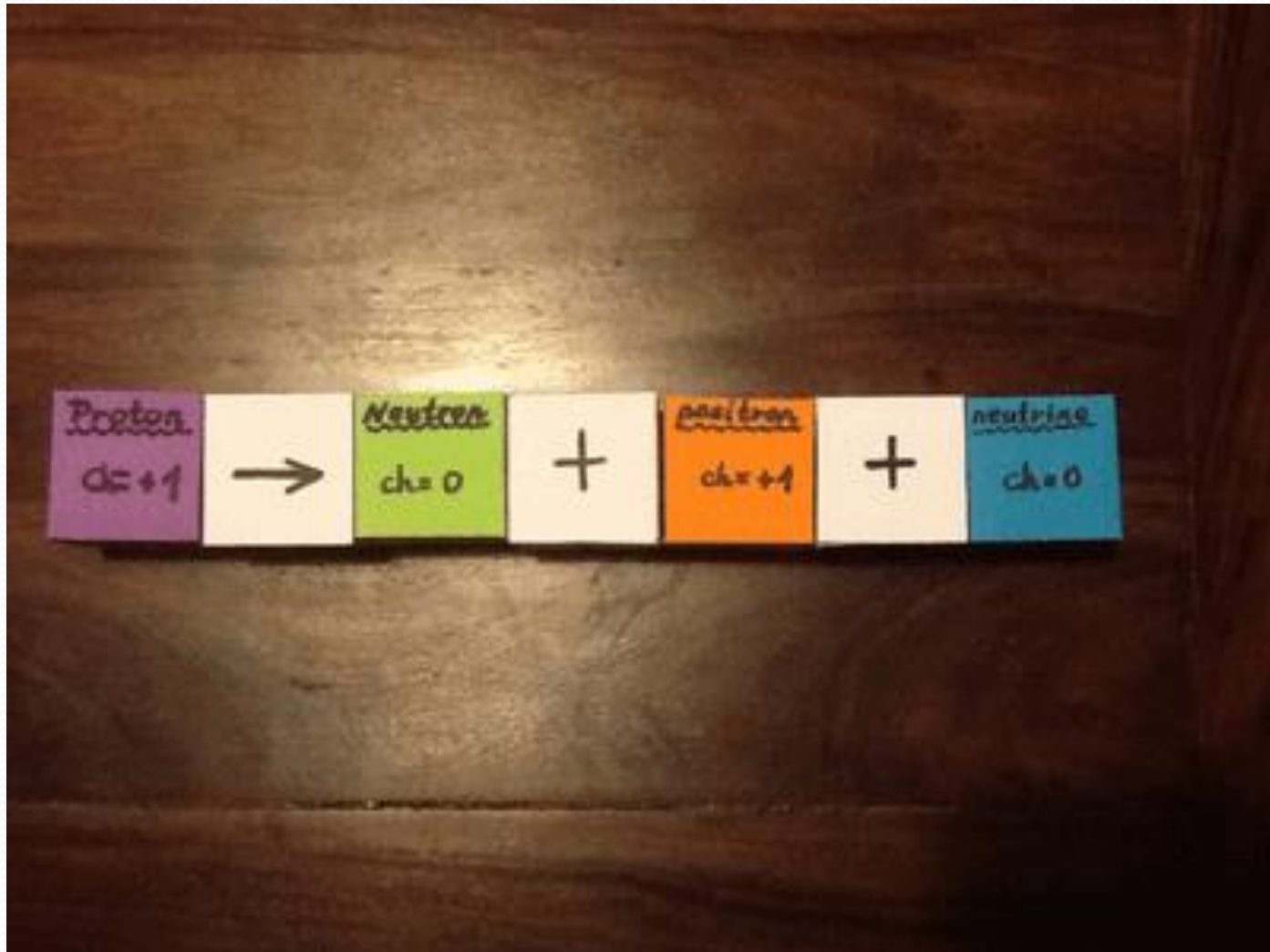
Ugyanígy nézzük meg a proton β -bomlását is!



Forgassuk ismét minden kockát ugyanabba az irányba!



És most gyorsan ...



A harmadik fajtáját, az elektronbefogást
mindenkinek Házi Feladatnak adom fel!

Ehhez persze először saját
kockákat kell készíteni 😊😊😊



Köszönöm a figyelmet!

...és jó kockázást kívánok!