

# 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

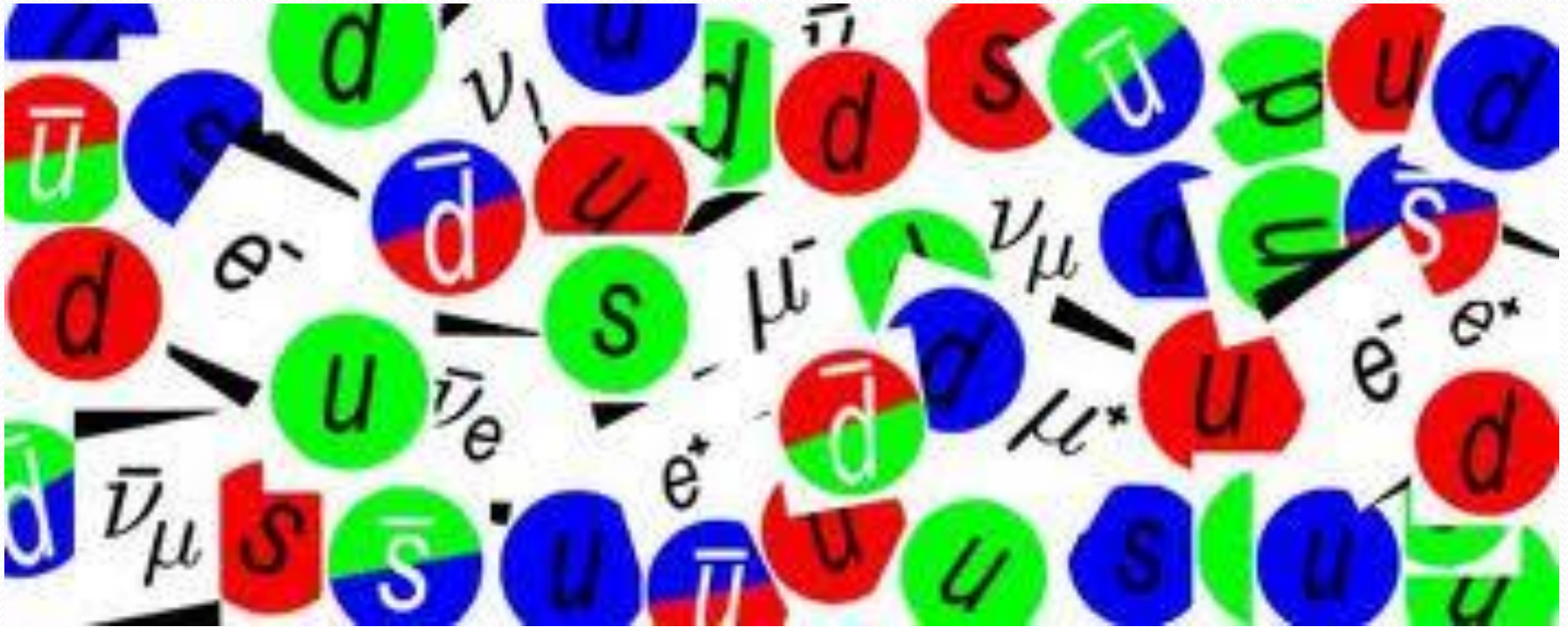
ANTINEUTRINO



NEUTRINO



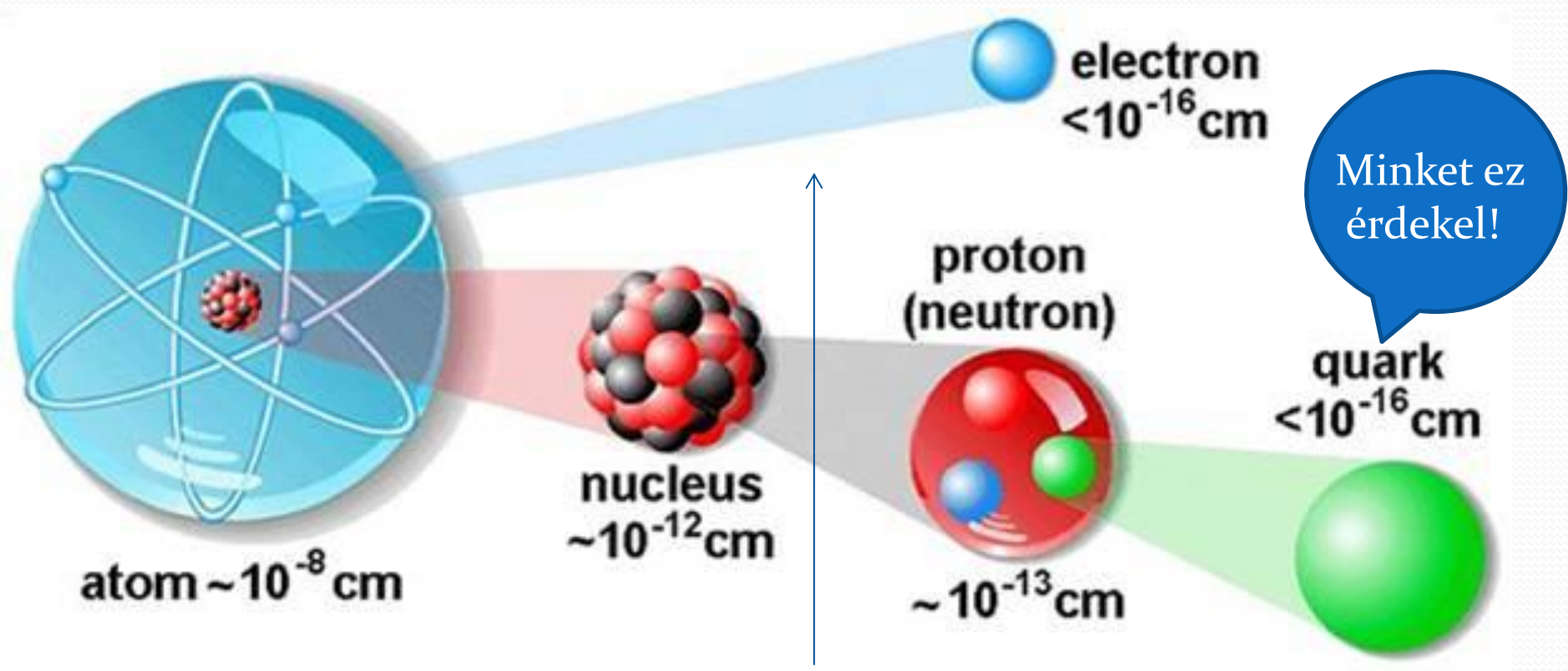
# Tudunk játszani ezzel a kártyajátékkal?



Dr. Csörgő Tamás

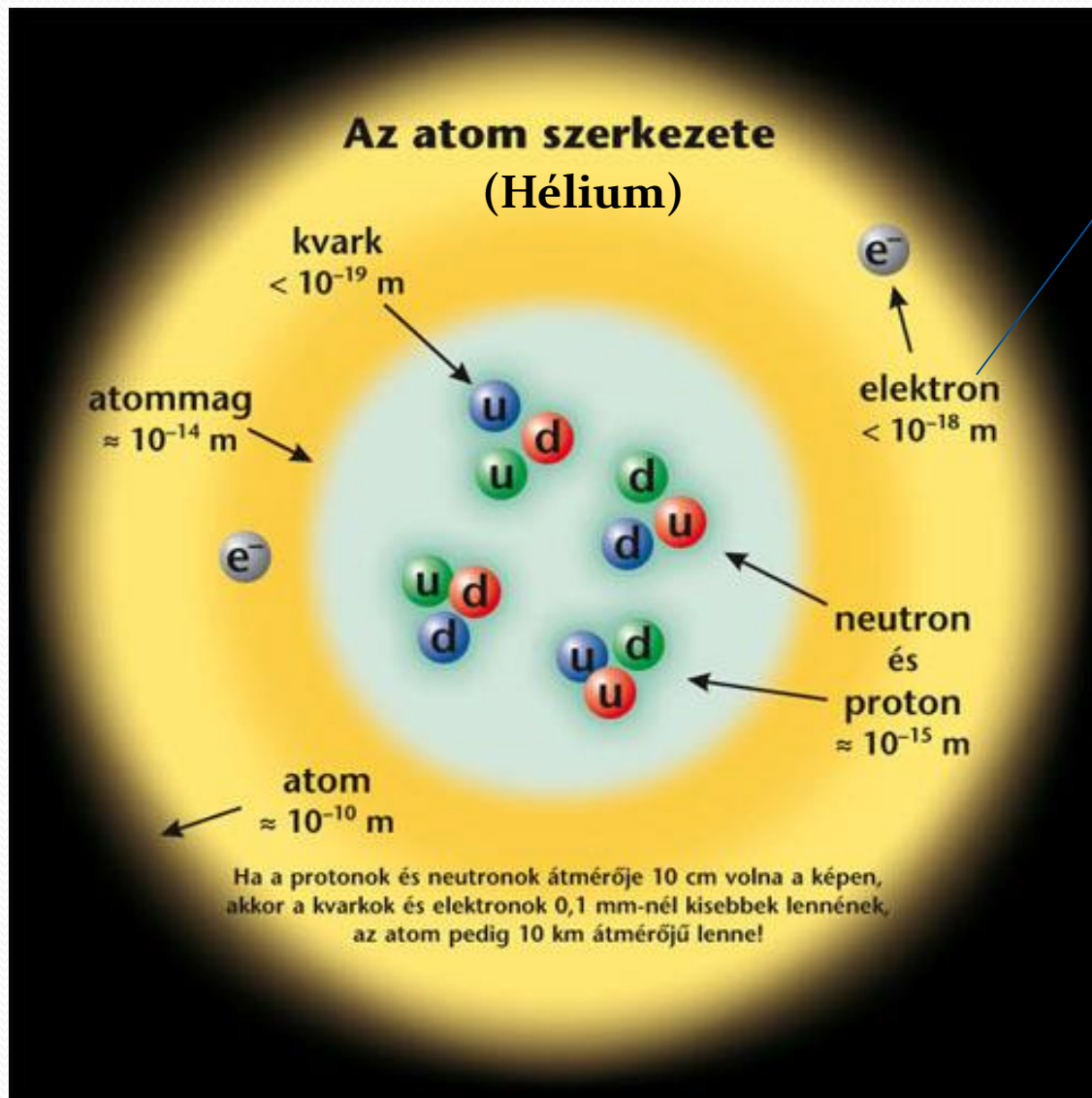
# Na, de kezdjük az elejéről...

Mit tanultunk a kémia órákon?

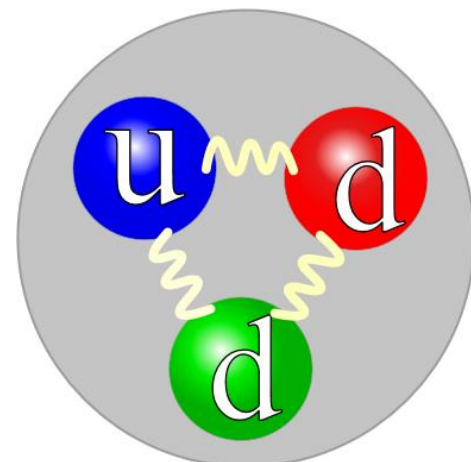


De csak a nukleonok szintjéig!

# És ráadásul még színesek is!



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



# Próbáljuk meg játszva!



+

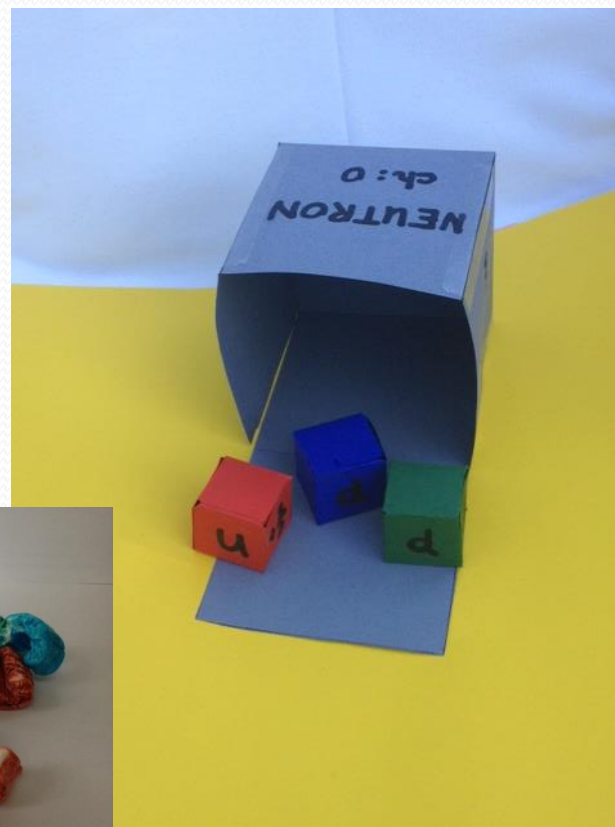


=

NUKLEONOK

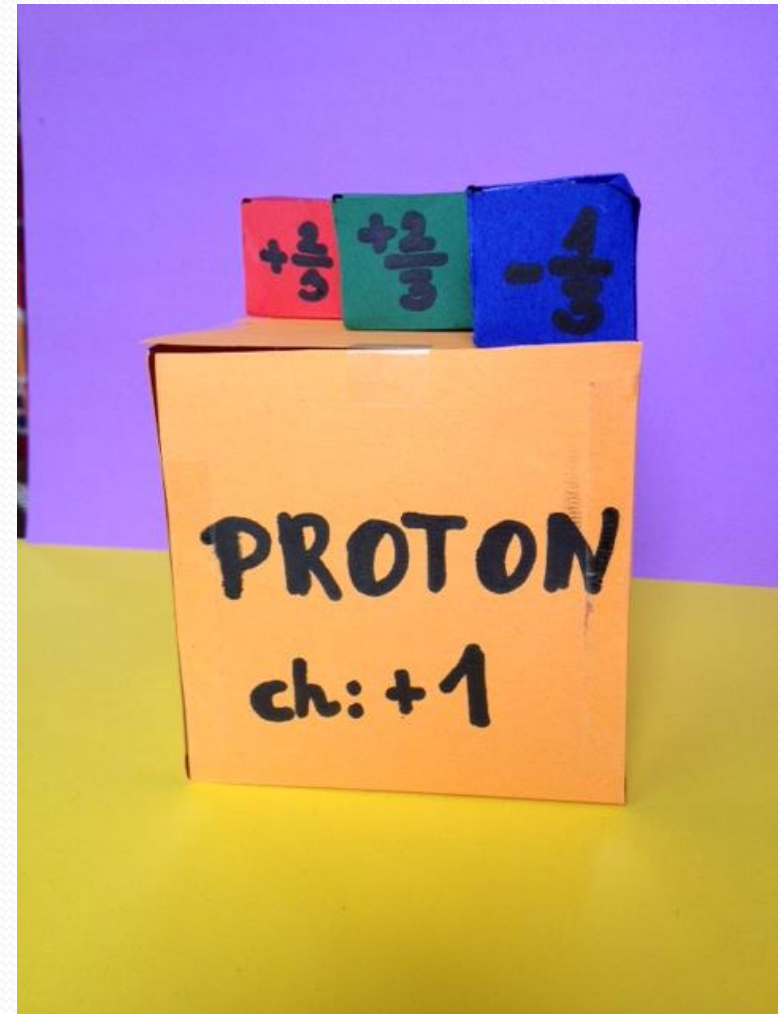
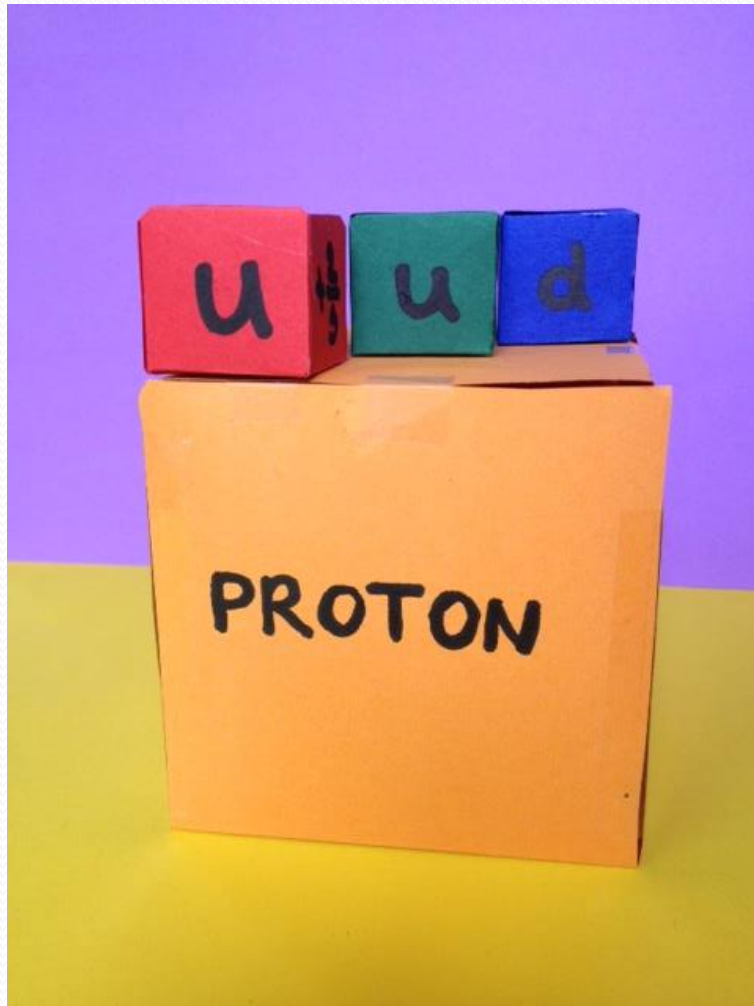
Rendben, ezt eddig is tudtuk 😊

# Mi van a „mackó” hasában?



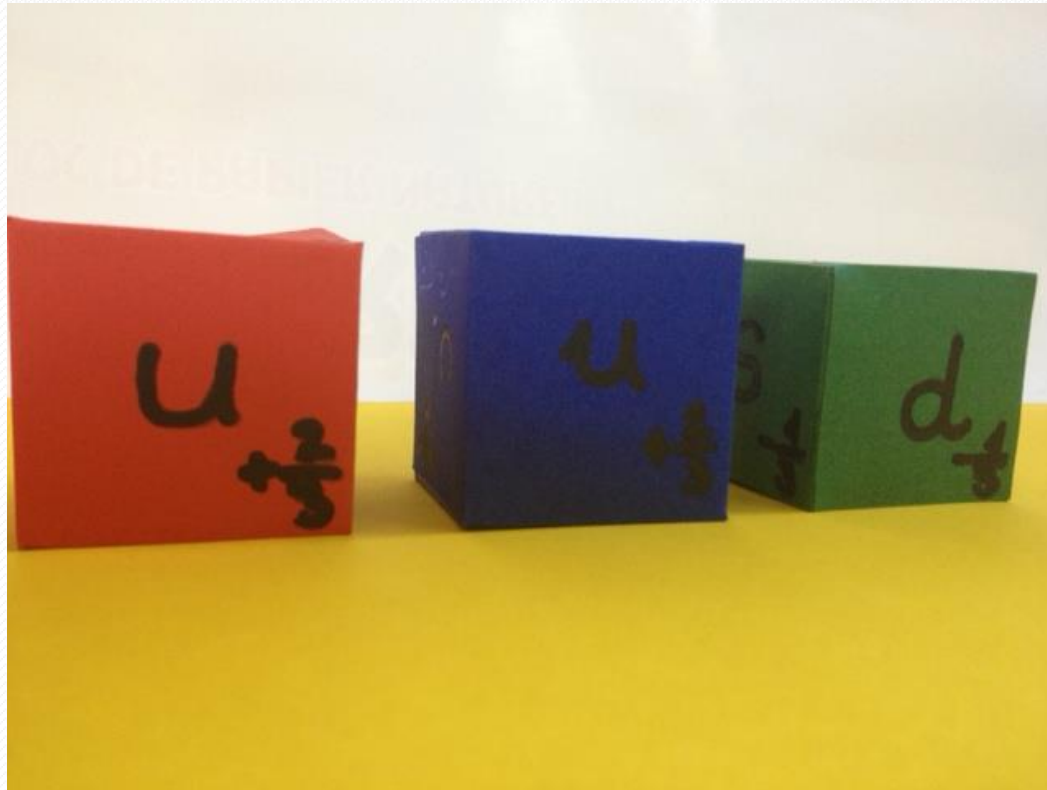
...és még sok-sok gluon

De nézzük meg milyen kvarkok alkotják a protont?





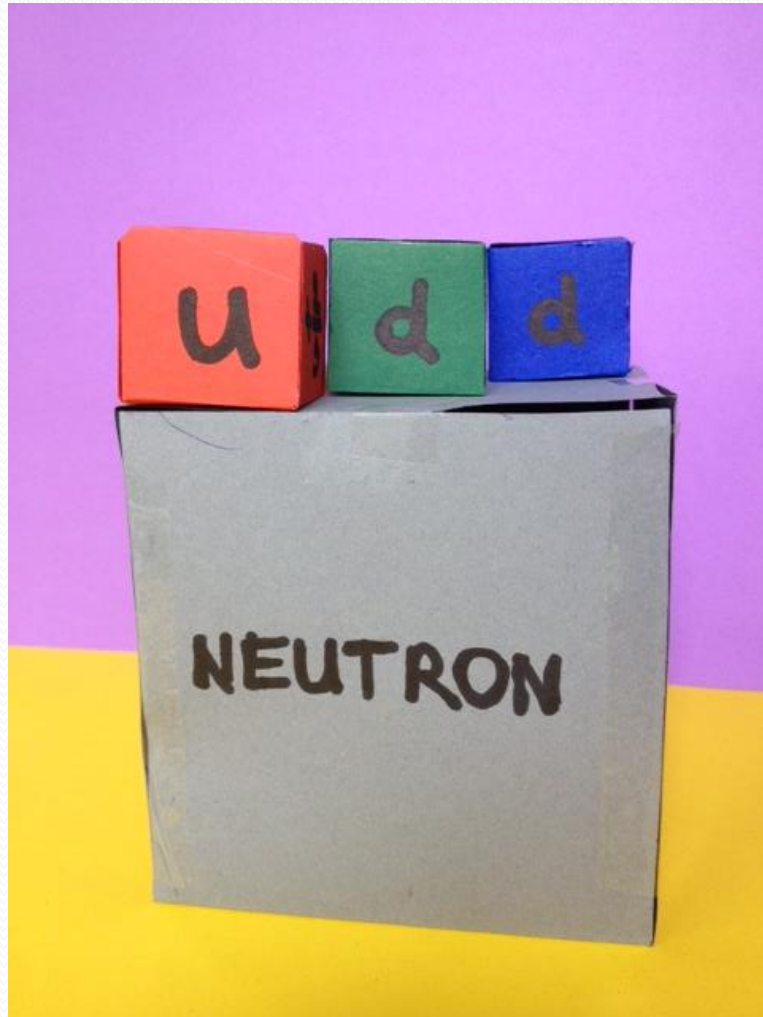
# Nézzük csak meg közelebbről!



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:  
 $(+\frac{2}{3})+(-\frac{1}{3})+(-\frac{1}{3})=0$

# Vannak antirészecskék is!

proton  $uud$



neutron  $udd$



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



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



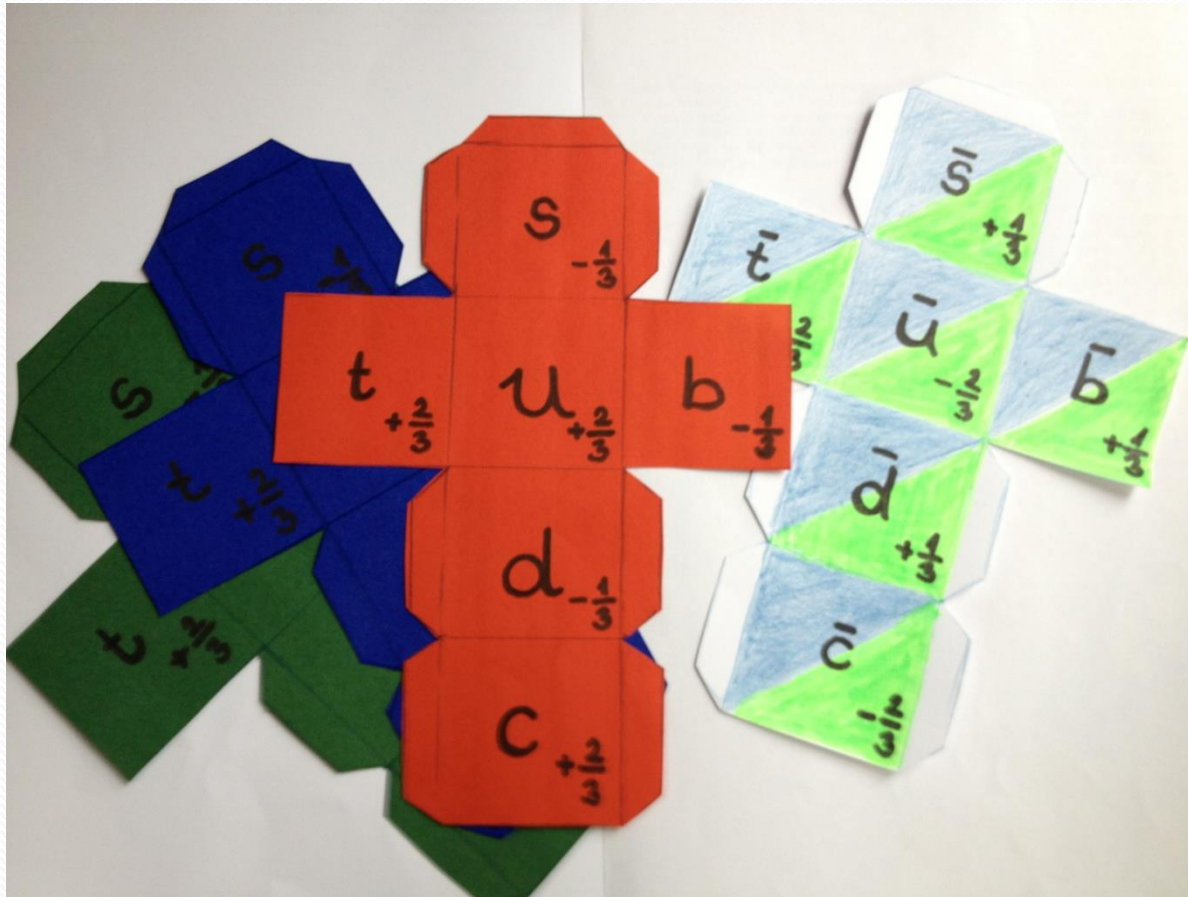
# Kvarkokból összesen 6-féle van

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

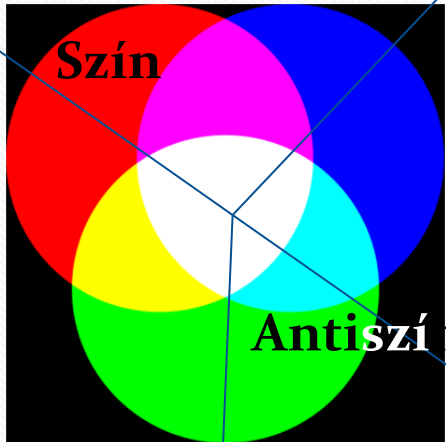
magyar név	angol név	jelölés	<u>nyugalmi tömeg</u> (GeV/c <sup>2</sup> )	<u>elektromos töltés</u> (e)
Fel	Up	<i>u</i>	0,0015- 0,005	2/3
Le	Down	<i>d</i>	0,017-0,025	-1/3
Bájos	Charm	<i>c</i>	1,1-1,4	2/3
Ritka	Strange	<i>s</i>	0,06-0,17	-1/3
Felső	Top	<i>t</i>	165-180	2/3
Alsó	Bottom	<i>b</i>	4,1-4,4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

Még szerencse☺, mert így...

...pont ráfér egy kocka 6 oldalára ☺



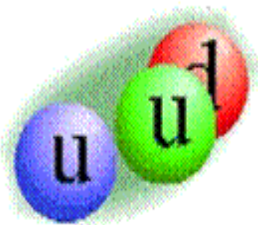
Készítsünk 3 kvark és 3 antikvark kockát!  
Ugyanis még a színtöltésükre is figyelniük kell!



A színtöltés, egy új kvantumszám  
(csak az erős kölcsönhatásban résztvevőknél)

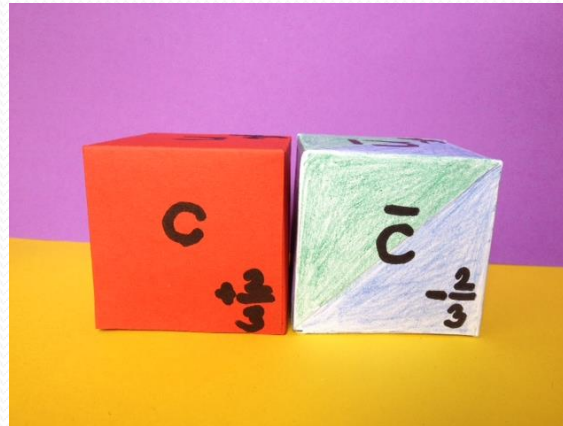
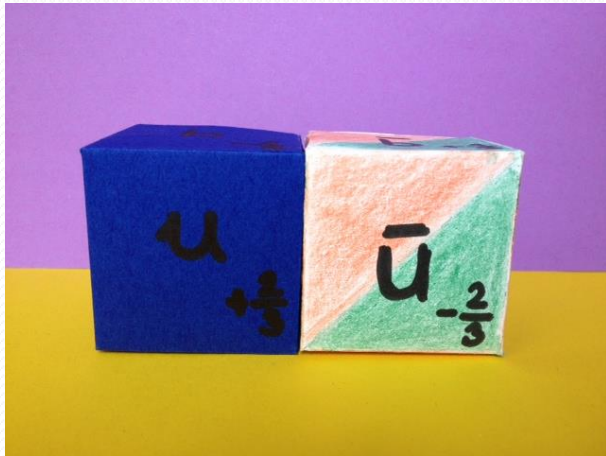
Ezt kvantum színdinamikának, QCD  
nevezik

### 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>
<b>erős</b>	<b>gluonok (8-féle)</b>	0	<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



ők is fehérek, vagyis szín-  
antiszínt hordoznak

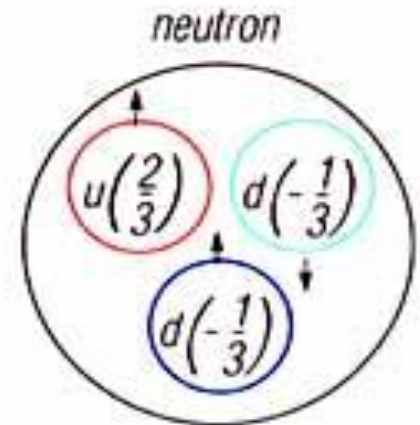
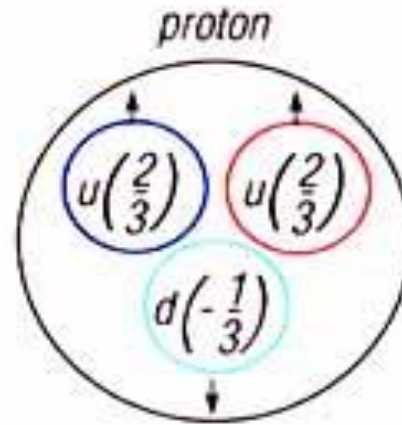


8 különböző fajtája van

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

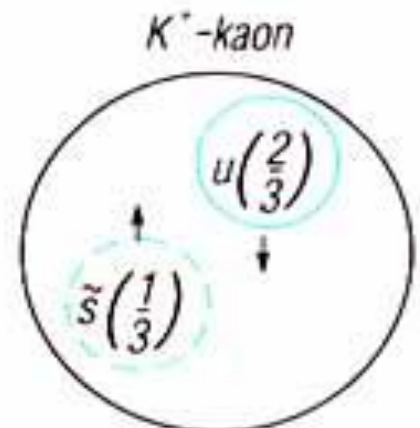
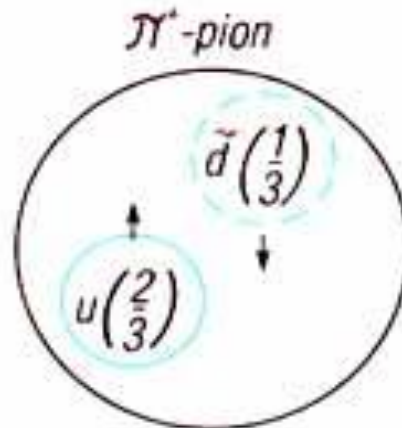
H  
A  
D  
R  
O  
N  
O  
K

**Barionok** →  
(3 kvarkból állnak)

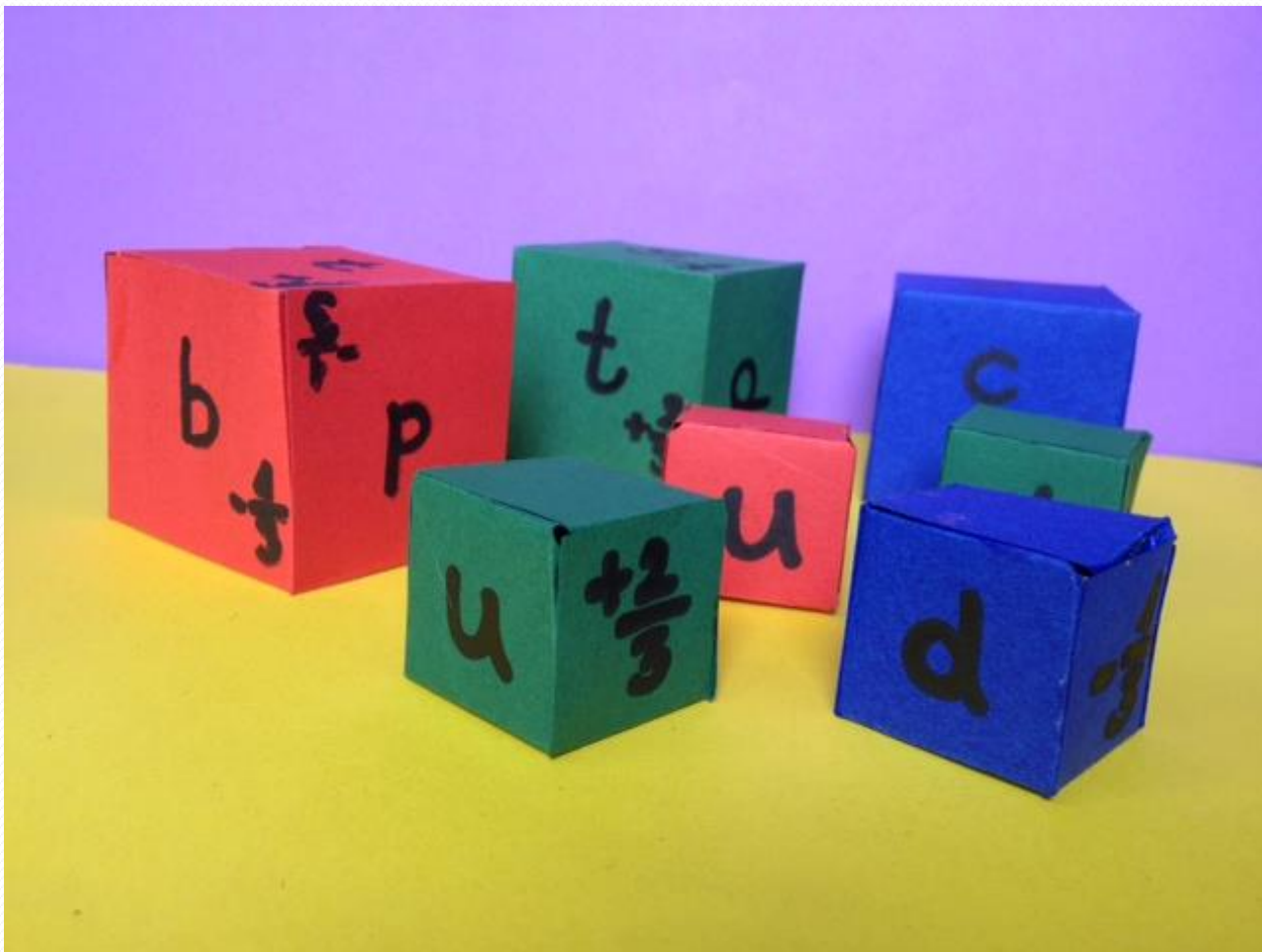


**Mezonok** →

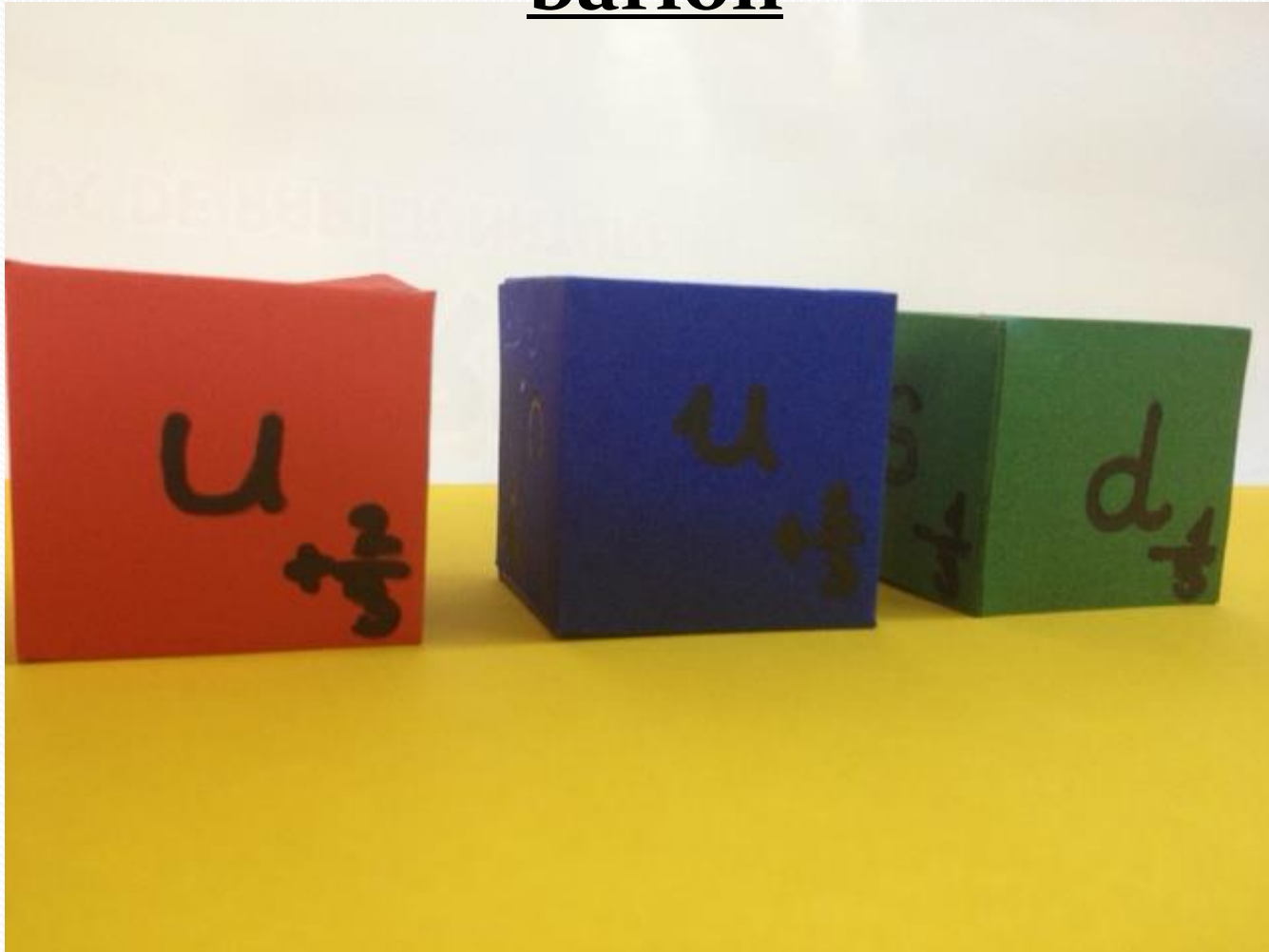
(1 kvarkból és 1 antikvarkból állnak)



Próbáljunk meg először barionokat  
kirakni a kockáinkból!



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



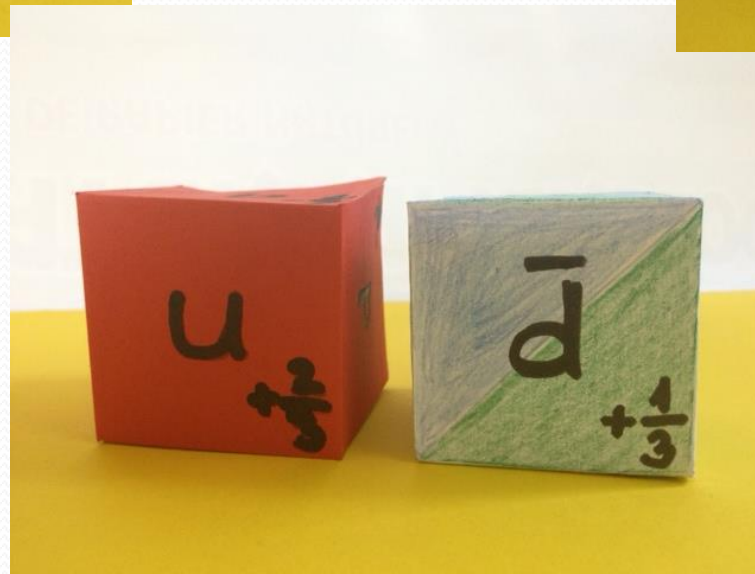
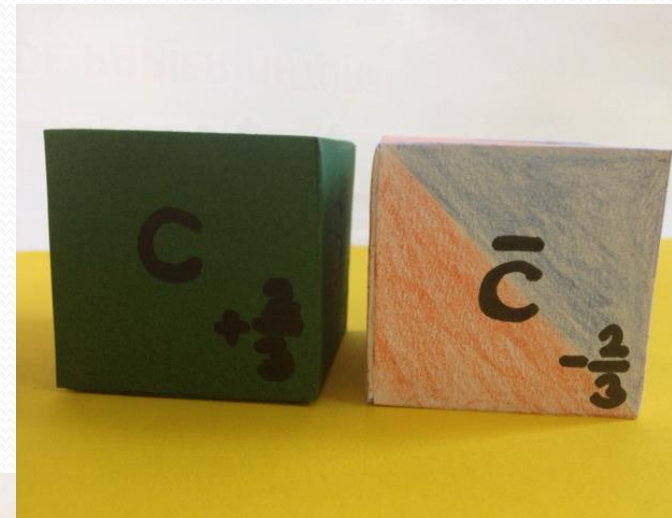
# A neutron szintén 3 kvarkból álló barion



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



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



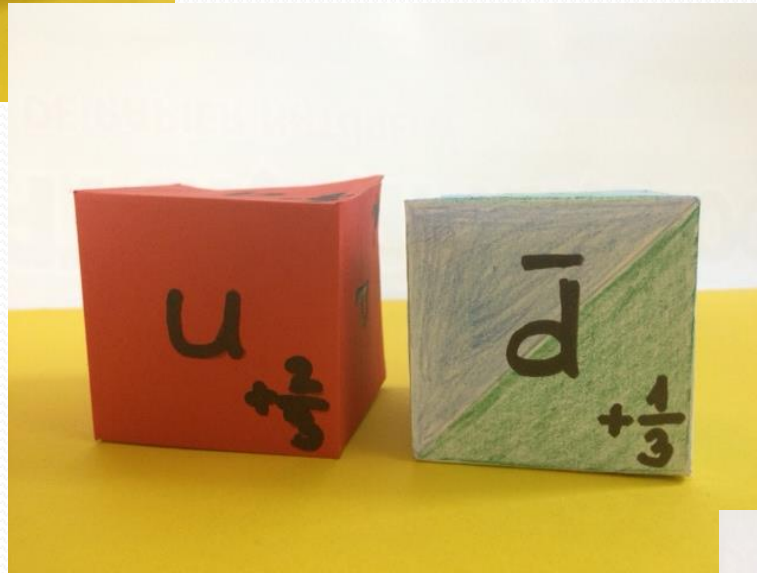




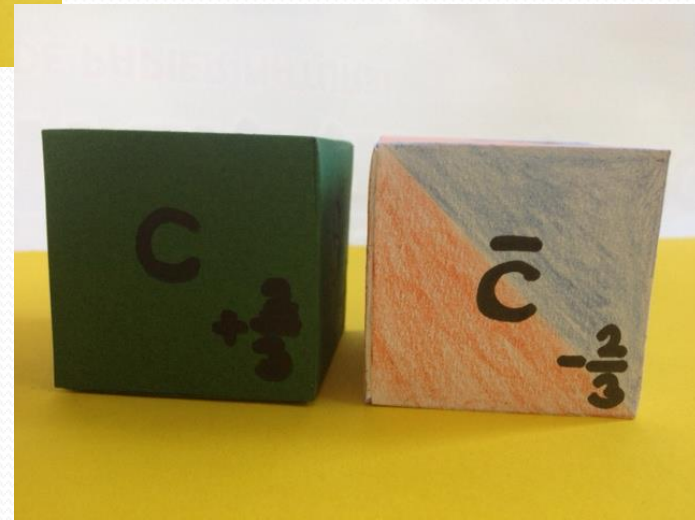
← Kaon:  $K^-$   
(töltés:-1)

M  
E  
Z  
O  
N  
O  
K

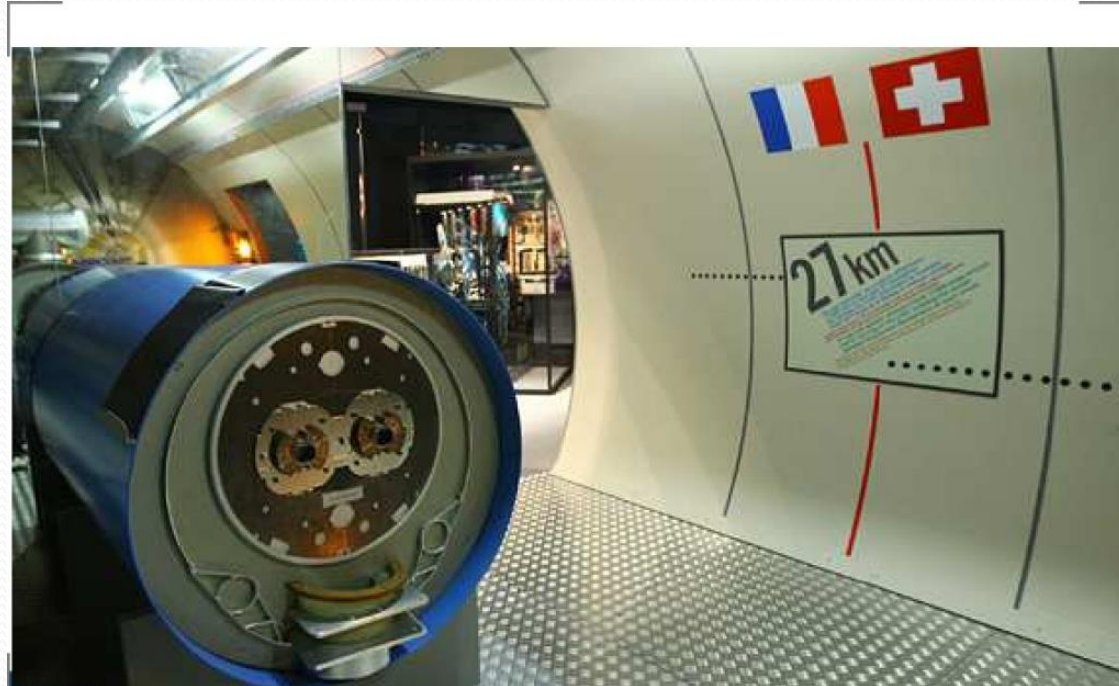
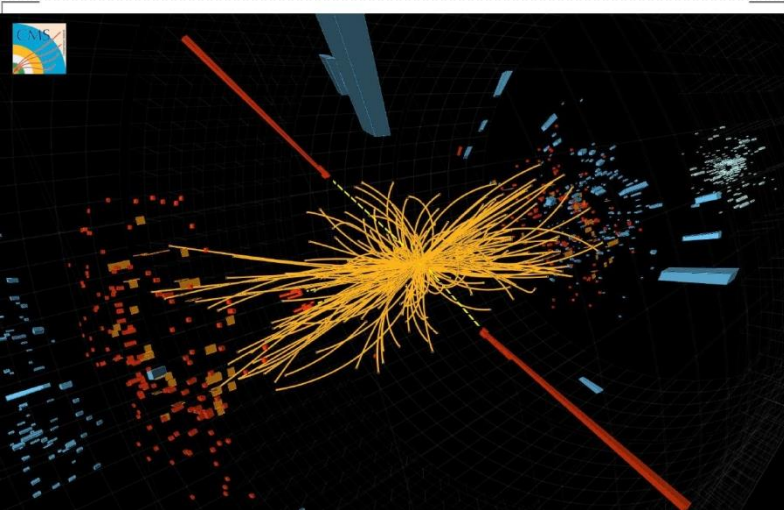
Rho:  $\rho^+$   
(töltés:+1)



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!

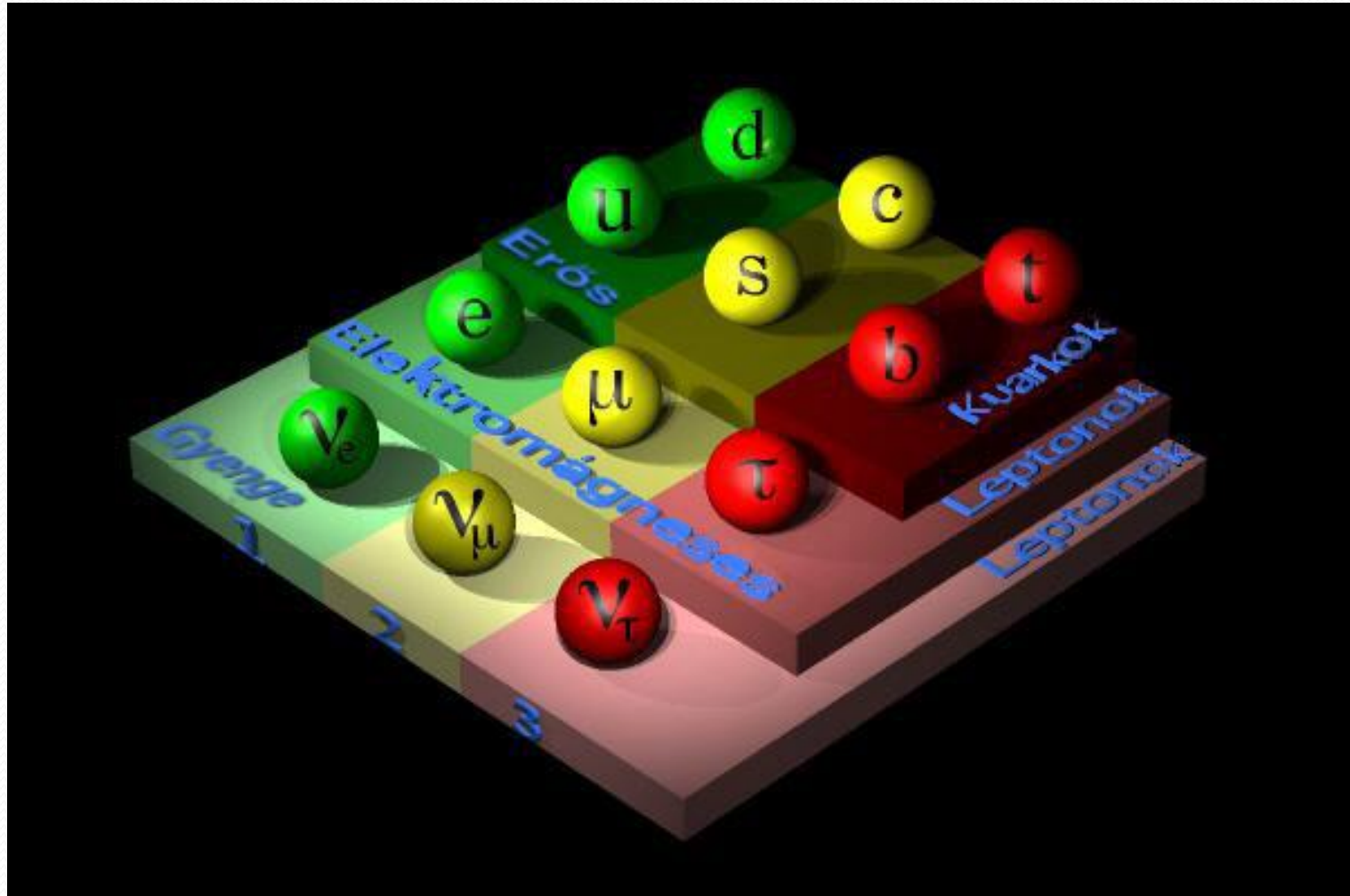
## » Spin szerint:

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)

De ne is menjünk bele, Pásztor Gabi majd  
elmagyarázza 😊



A leptonokat felsorolom, mert  
némelyikükre később szükségünk lesz

$\nu_e$  e neutrino

$e^-$  electron

$\nu_\mu$   $\mu$  neutrino

$\mu^-$  muon

$\nu_\tau$   $\tau$  neutrino

$\tau^-$  tau

# Ismerős és ismeretlen megmaradási törvények

Ch (charge): elektromos töltés

Sp: spin (impulzus momentum)

B: barionszám

L: leptonszám

E: energia/tömeg

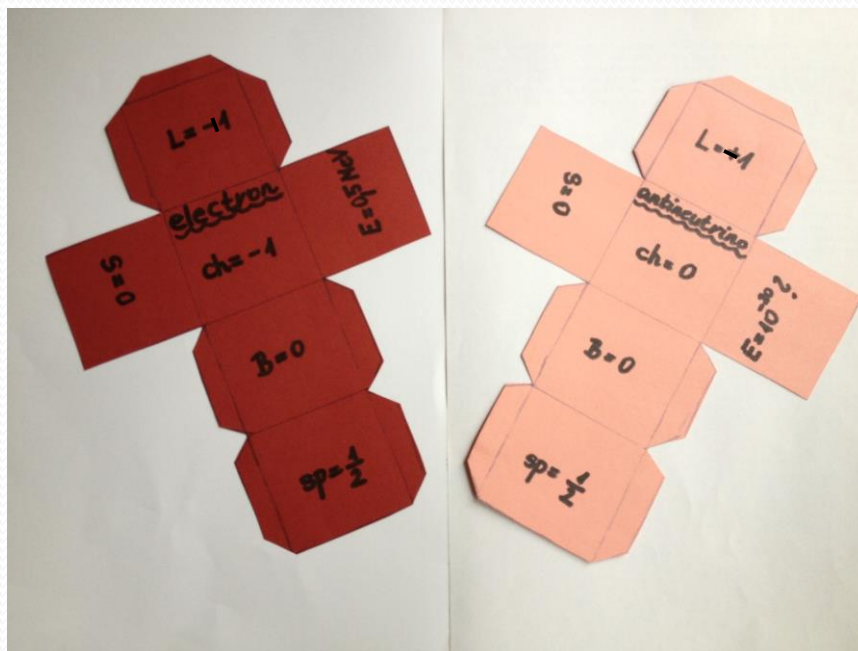
S: strange (ritkaság- vagy hiperontöltés)



# Miért pont ezek?

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

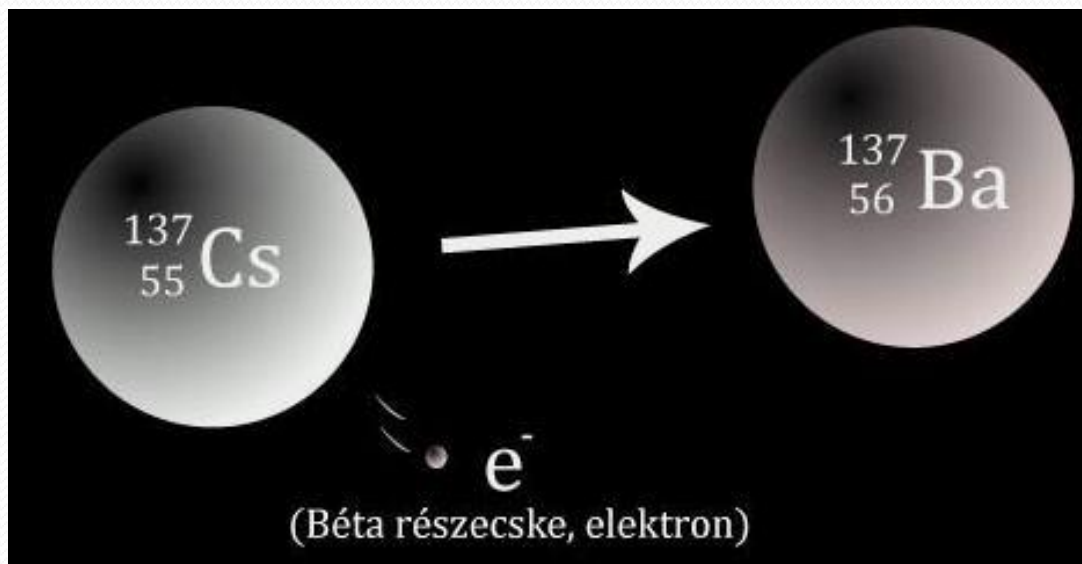
Készítsünk újabb kockákat, amelyeknek az oldalain a megmaradó mennyiségek szerepelnek!



# Egy kis segítség

Név	Töltés	Barionszám	Leptonszám	Tömeg	Spin	Ritkaság
Proton	1	1	0	0,943 GeV	½	0
Neutron	0	1	0	0,946 GeV	½	0
Elektron	-1	0	1	0,5 MeV	½	0
Pozitron	1	0	-1	0.5 MeV	½	0
Neutrino	0	0	1	$10^{-20}$ ?	½	0
Antineutrino	0	0	-1	$10^{-20}$ ?	½	0

És egy ötlet, hogyan tudjuk mindezt a középszintű tananyagban hasznosítani:



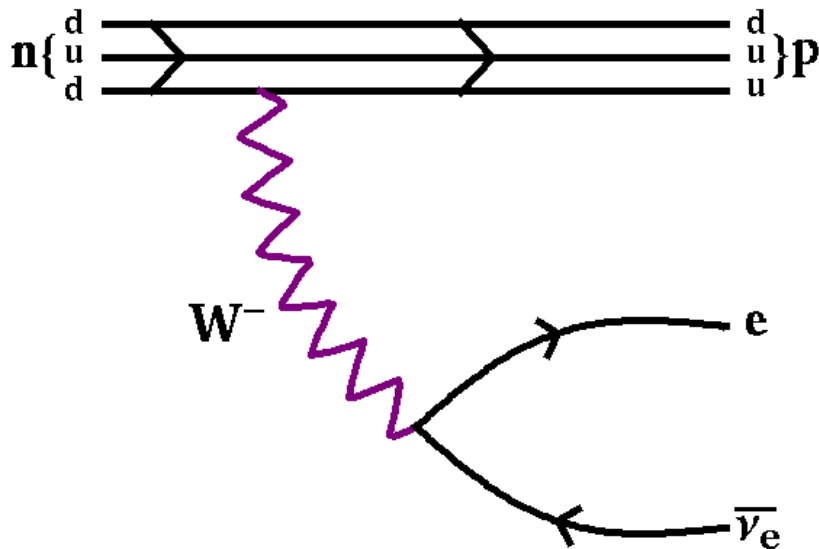
# A radioaktív bomlások egyik fajtája a $\beta$ -bomlás

- 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:

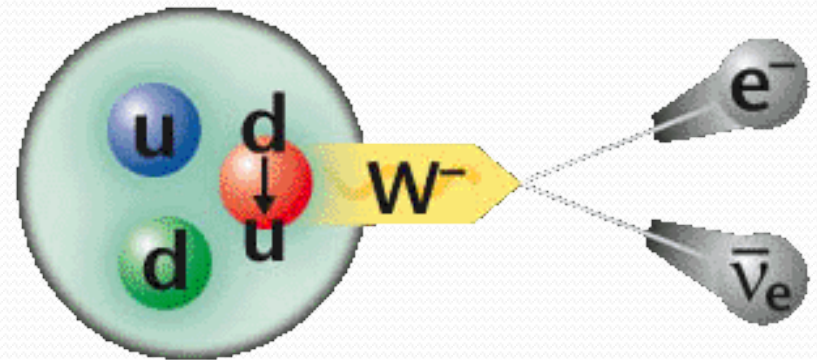
**Neutron Decay**  
(Neutron bomlás)



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

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

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

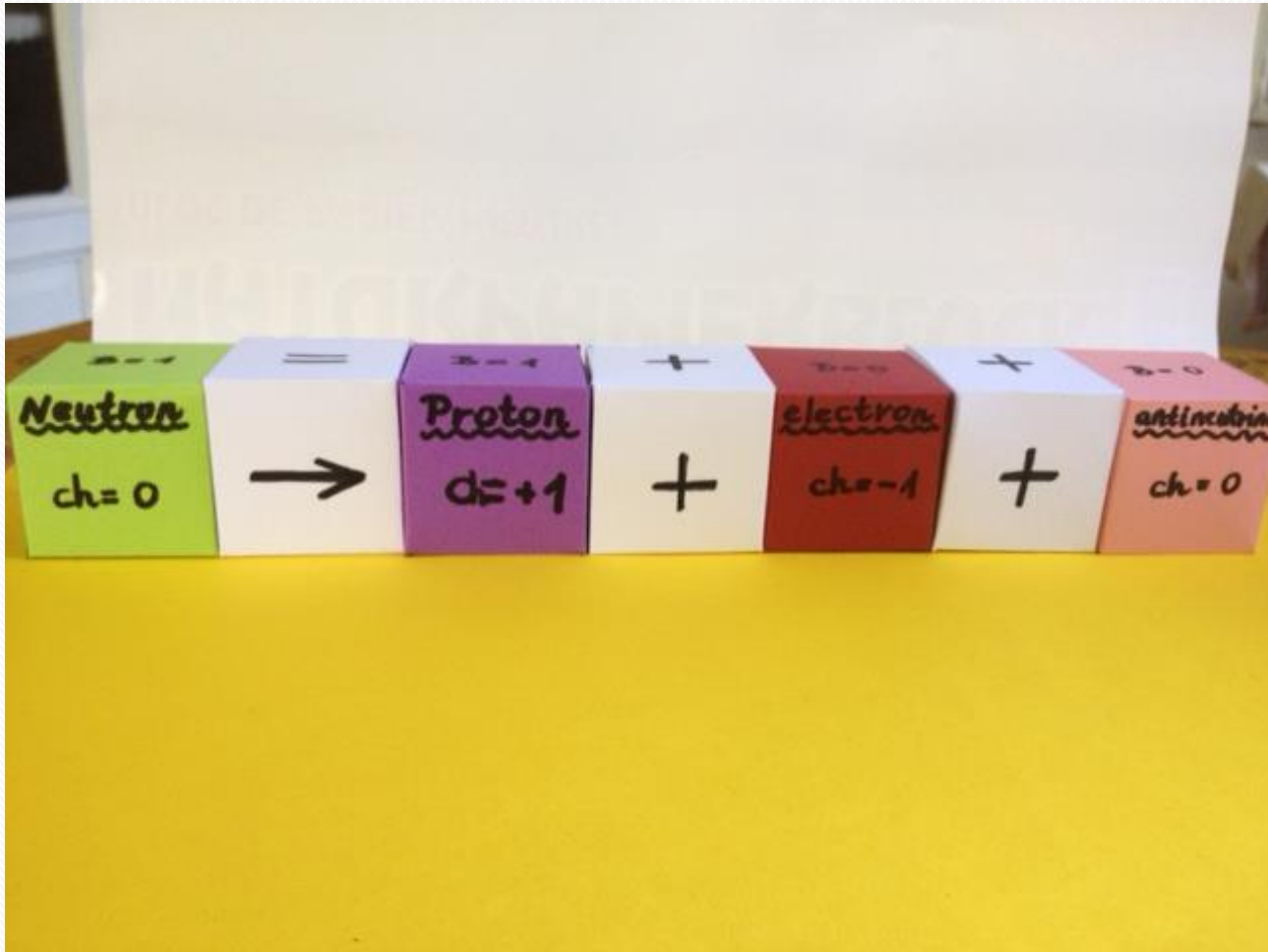


# Ezt is próbáljuk meg a kockák segítségével megértetni!

Szerencsére „legyártottuk” már hozzá az  
egyes részecskéket



# Kezdjük a neutron $\beta$ -bomlásával



Ellenőrizzünk pár megmaradási törvényt!

A neutron  $\beta$ -bomlása



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

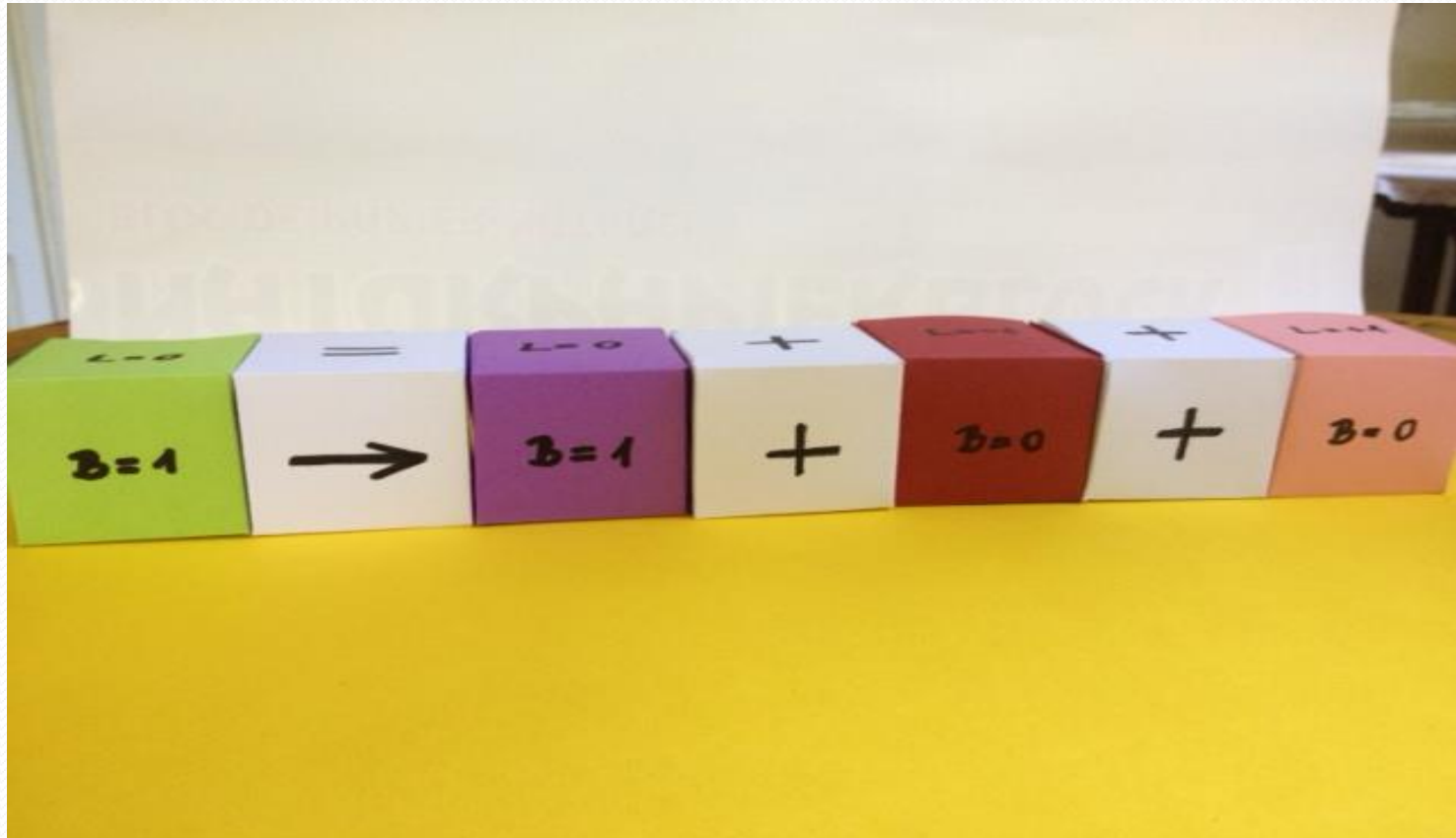
Barionszám:  $(+1) \rightarrow (+1) + 0 + 0$

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

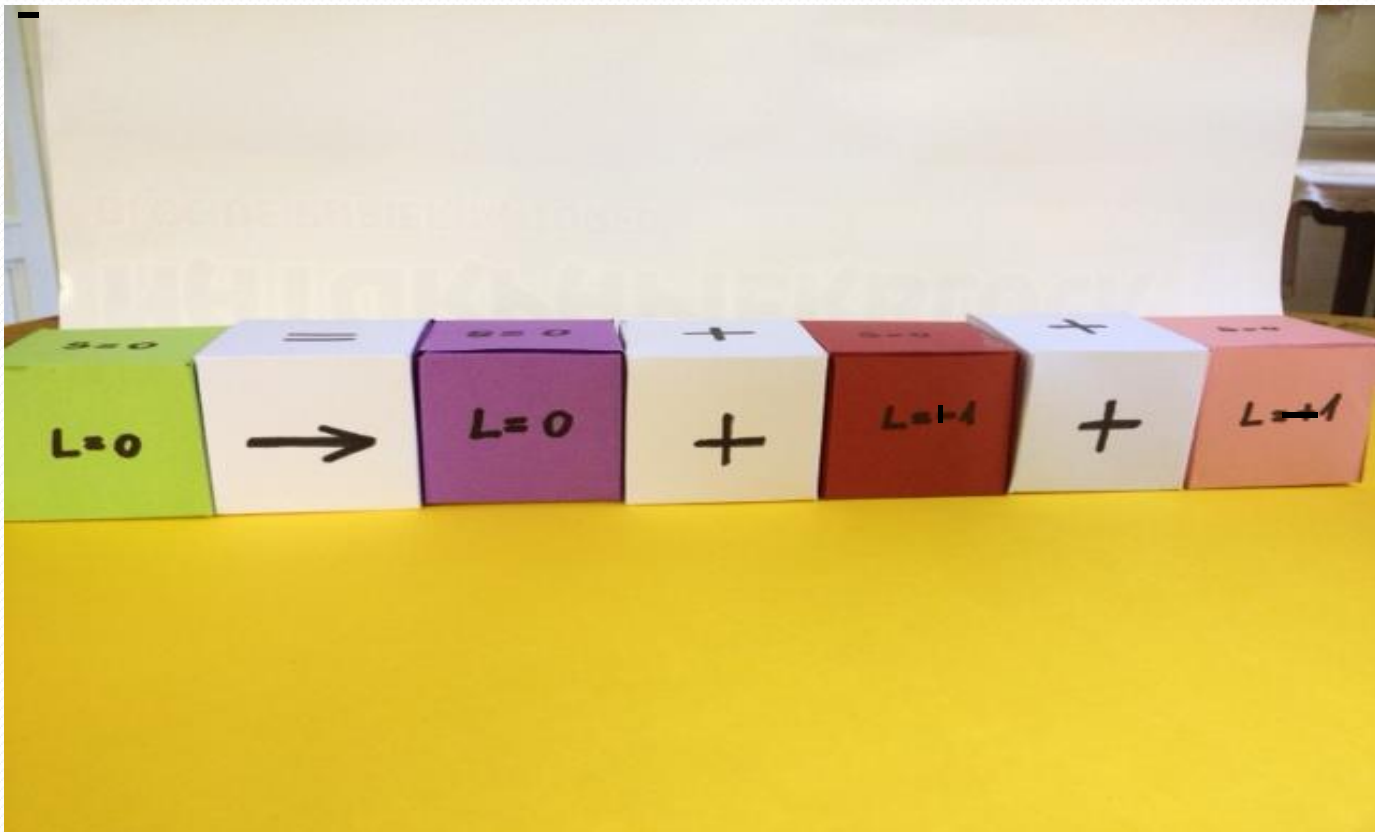


# Vegyük először a barionszám megmaradást!

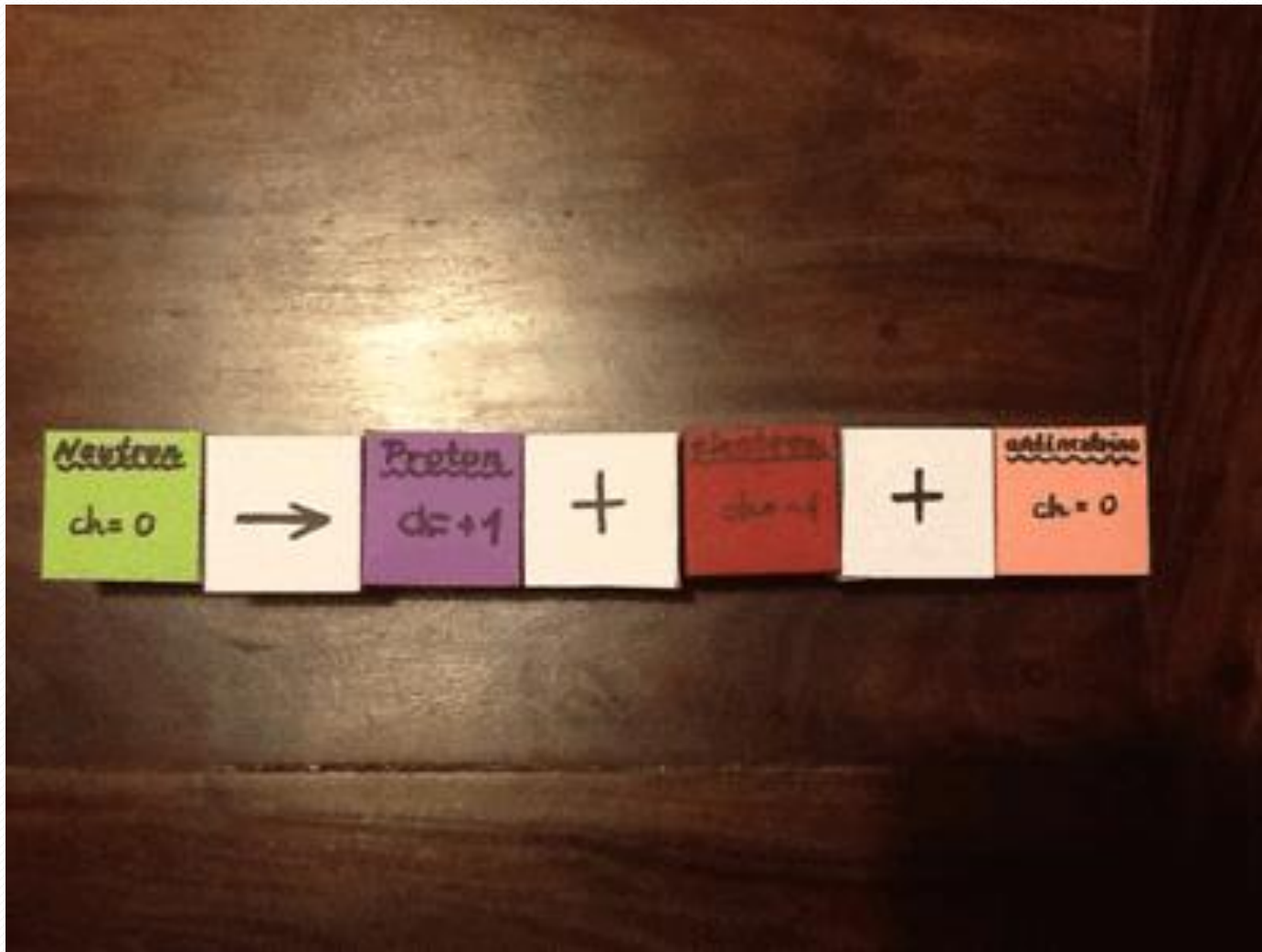
Ehhez forgassunk egyet a kockáinkon!



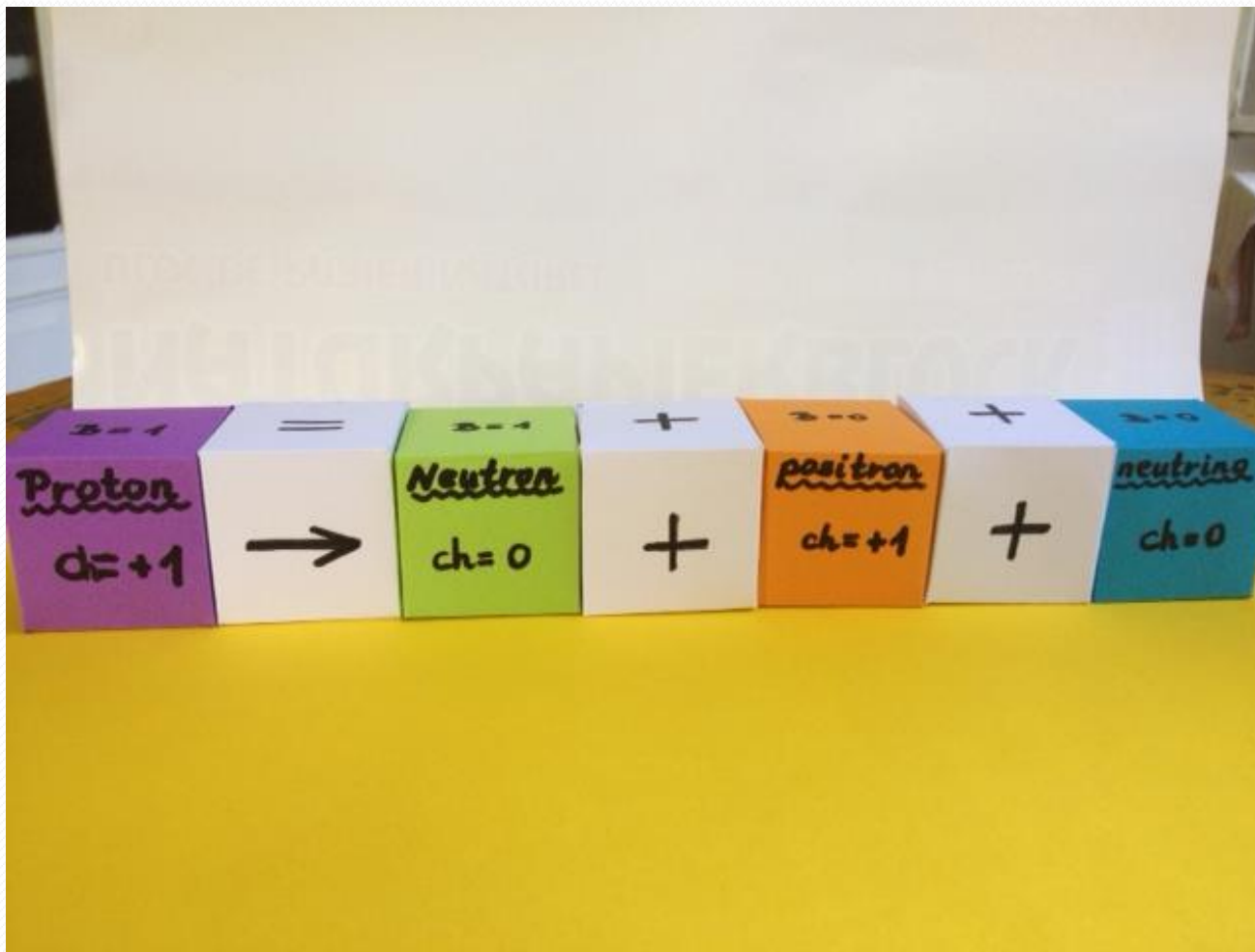
Majd a leptonszám megmaradását is!  
Még egyet forgatnunk kell a kockákon



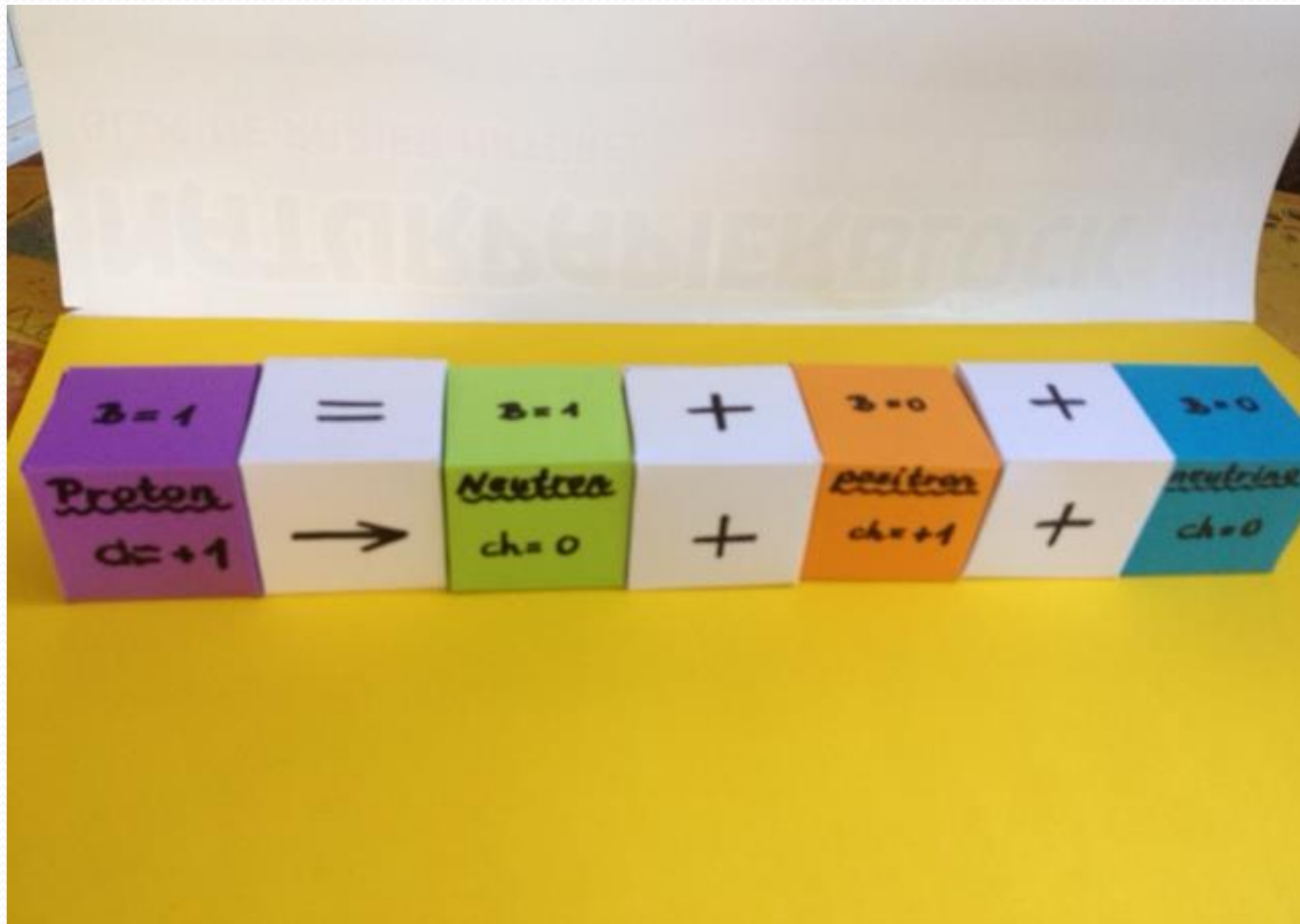
Minden egyes forgatással más és más mennyiség jelenik meg az oldalakon



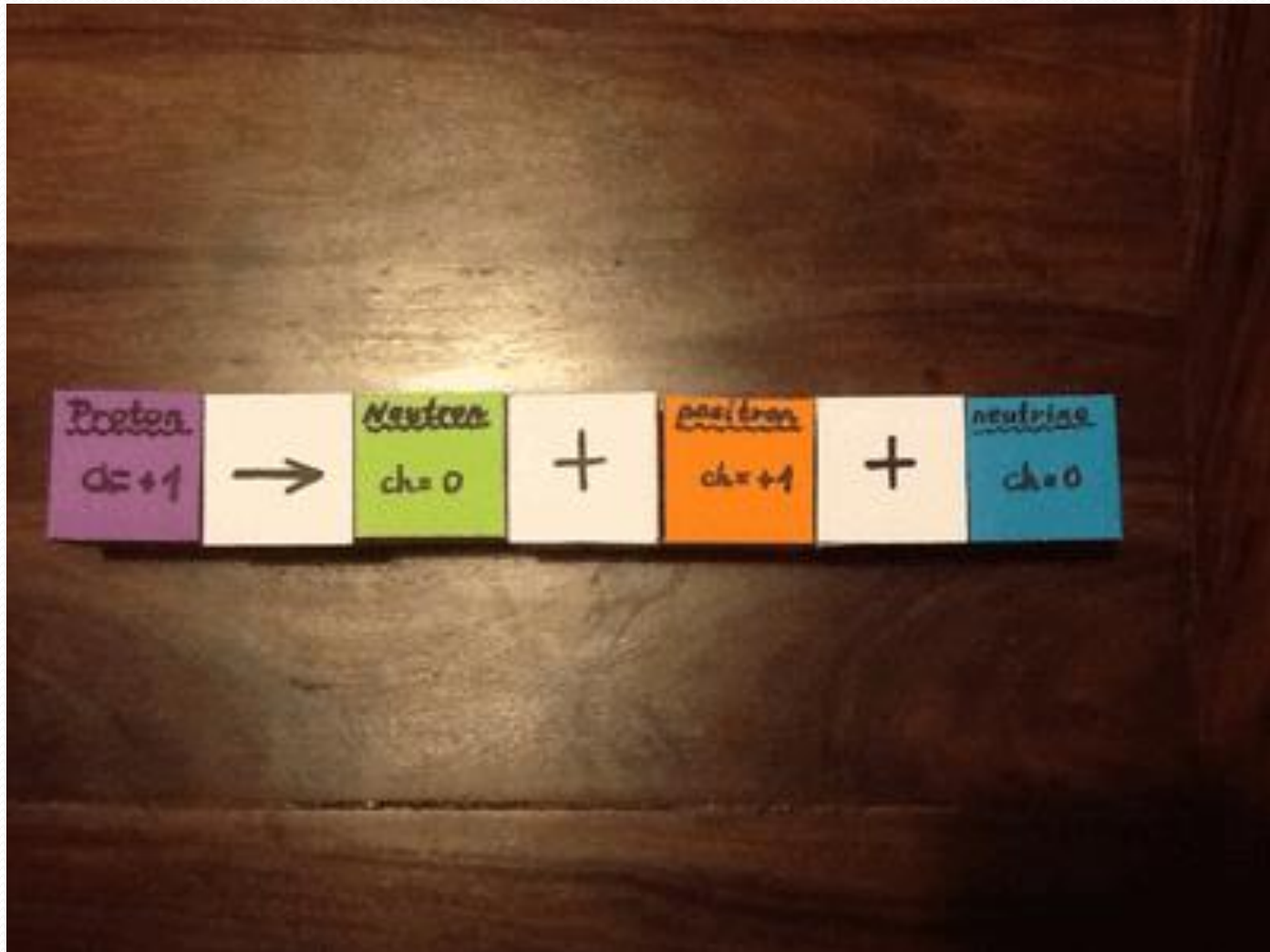
# Ugyanígy nézzük meg a proton $\beta$ -bomlását is!



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!