

Bevezető a „Bevezetés a részecskefizikába” előadásokhoz



Avagy, hogyan építsünk
atomfizikát?

Oláh Éva Mária

Bálint Márton Általános és Középiskola, Törökbálint
ELTE, Fizikatanári Doktori Iskola, Fizika Tanítása Program
olaheva@hotmail.com

Ismeretlen ismerősök?

PROTON



BOZON



HADRON



NEUTRON

ELEKTRON

MEZON



BARION



POZITRON

LEPTON

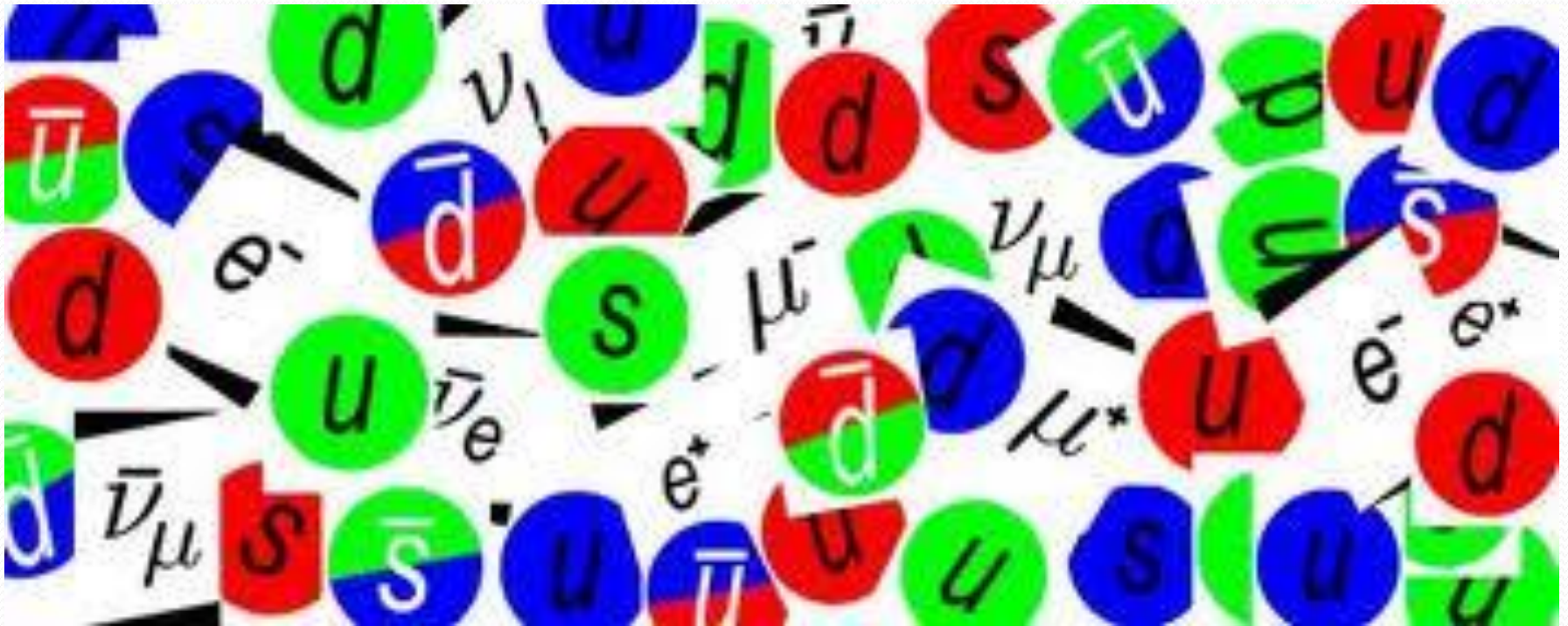
ANTINEUTRINO



NEUTRINO



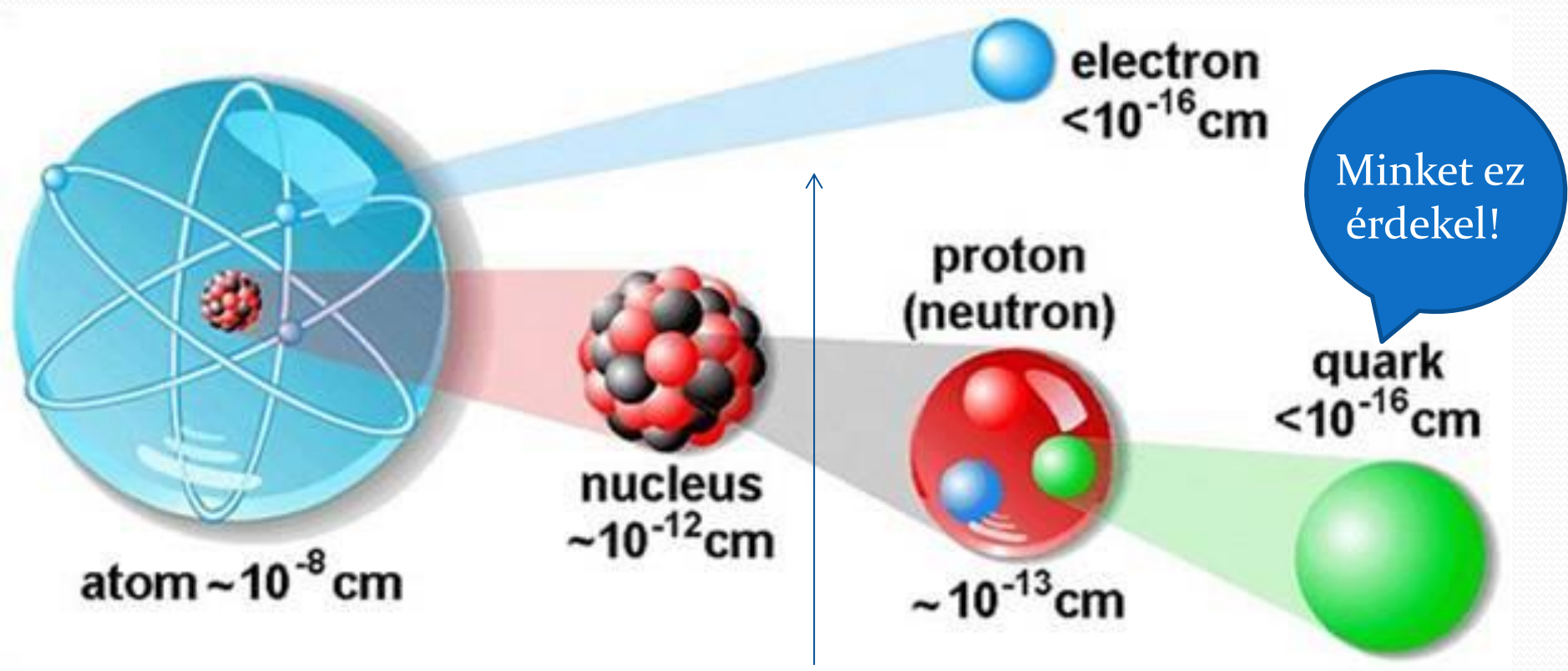
Tudunk játszani ezzel a kártyajátékkal?



Dr. Csörgő Tamás

Na, de kezdjük az elejéről...

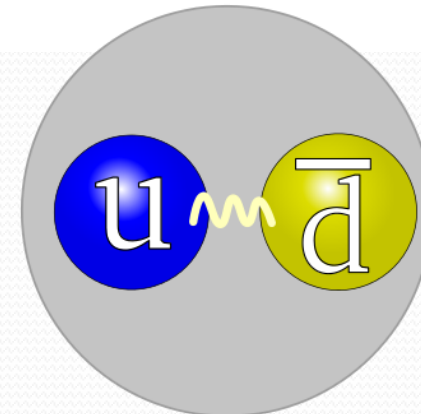
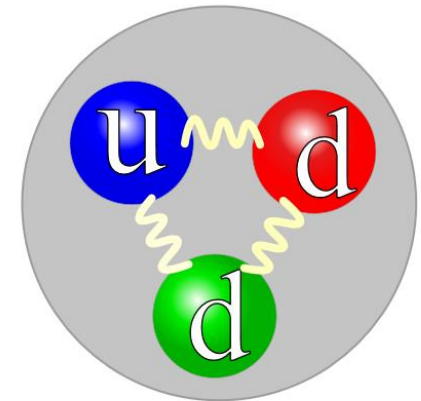
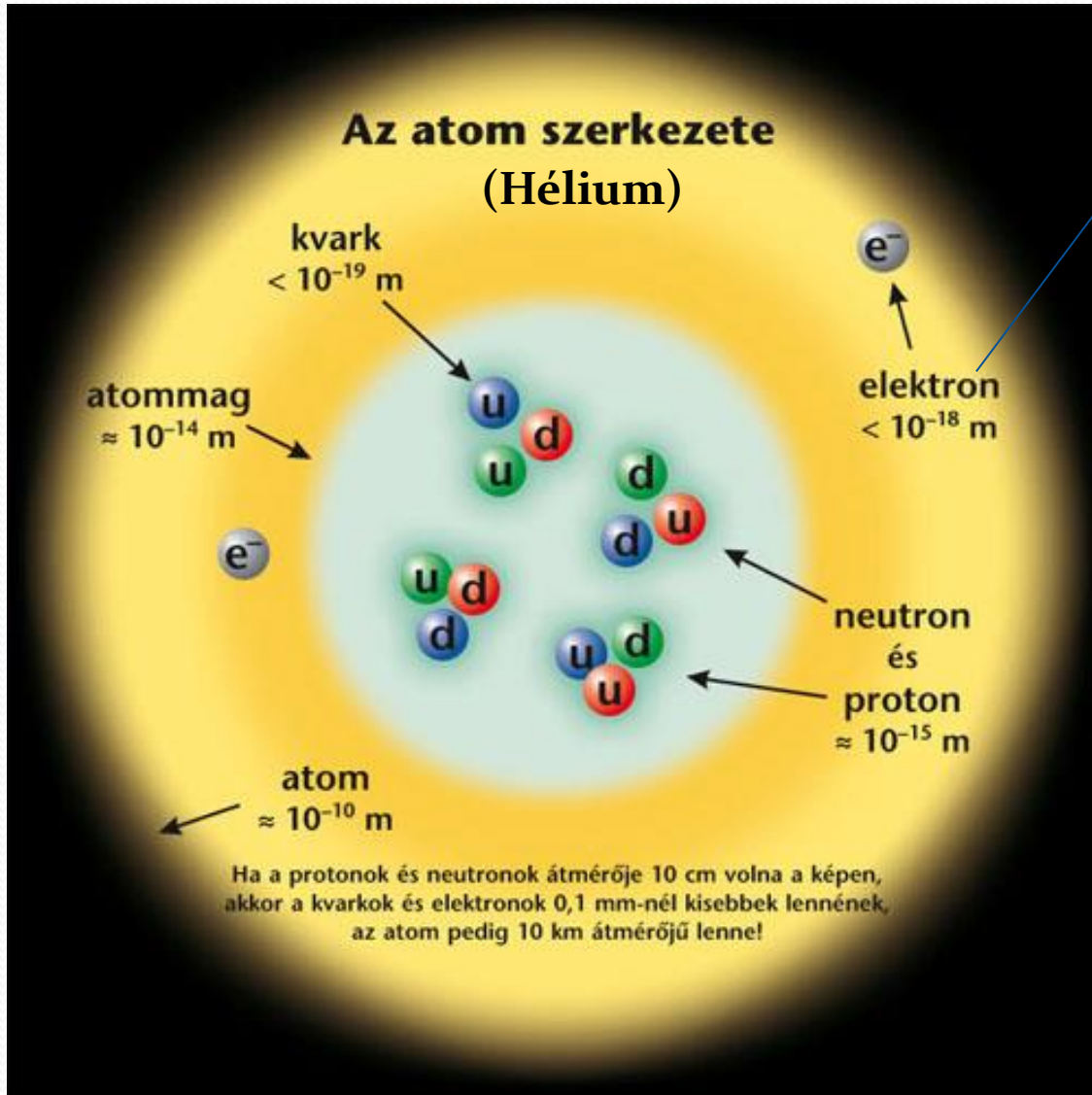
Mit tanultunk a kémia órákon?



De csak a nukleonok szintjéig!

És ráadásul még színesek is!

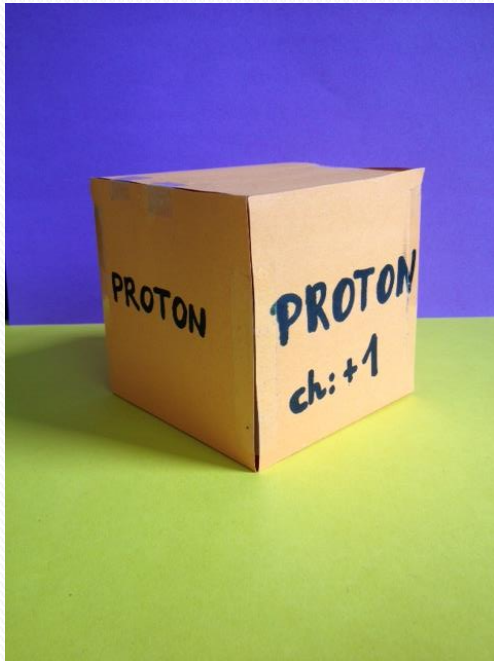
Mi is az az elektron?
„leginkább önmagára hasonlít...”



Alapkészlet a szemléltetéshez



Próbáljuk meg játszva!



+

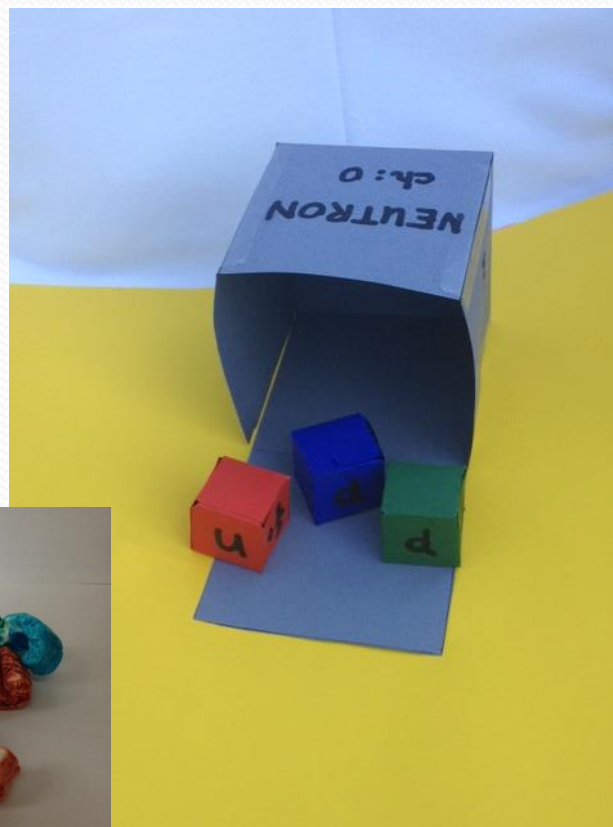


=

NUKLEONOK

Rendben, ezt eddig is tudtuk 😊

Mi van a „mackó” hasában?

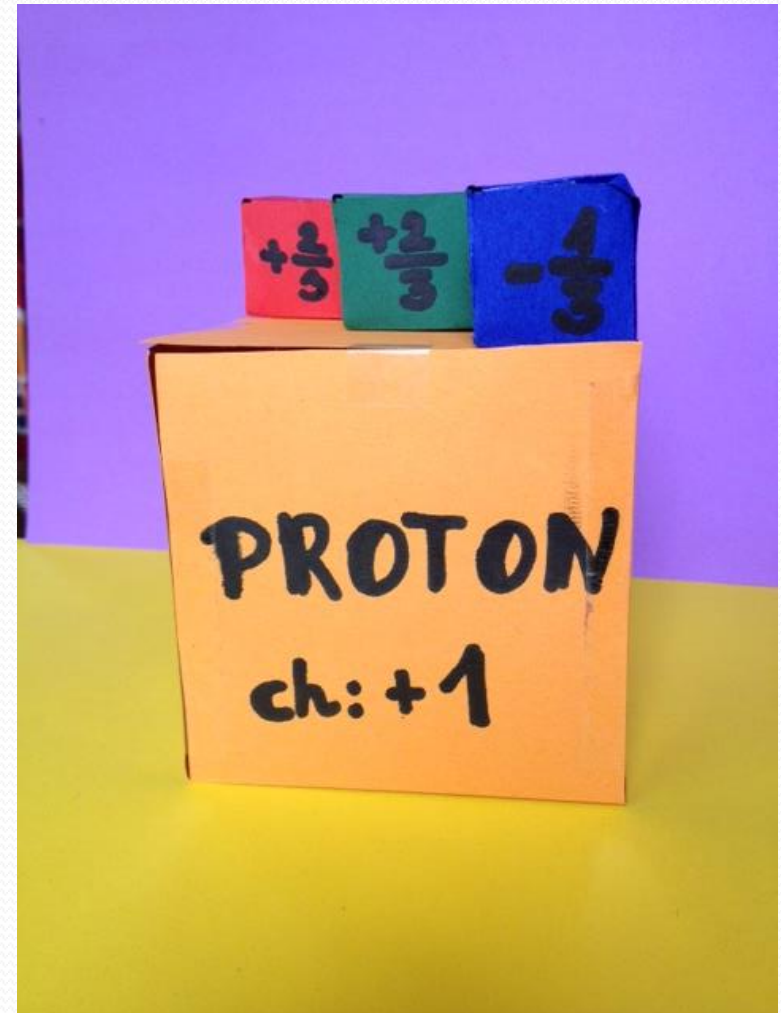
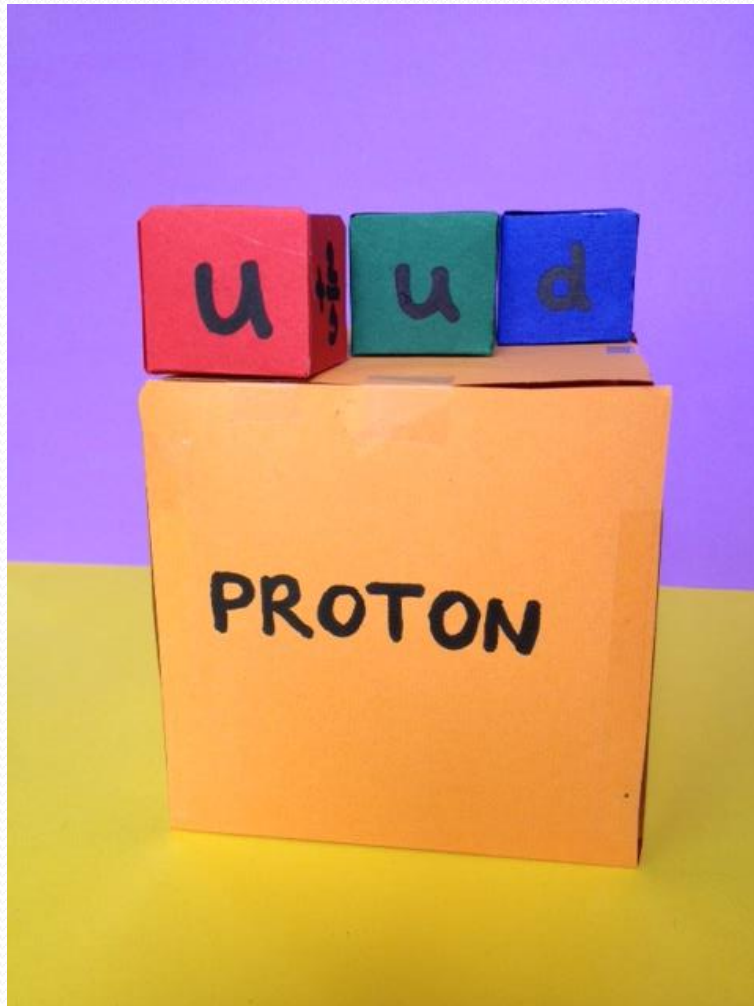


...és még sok-sok gluon

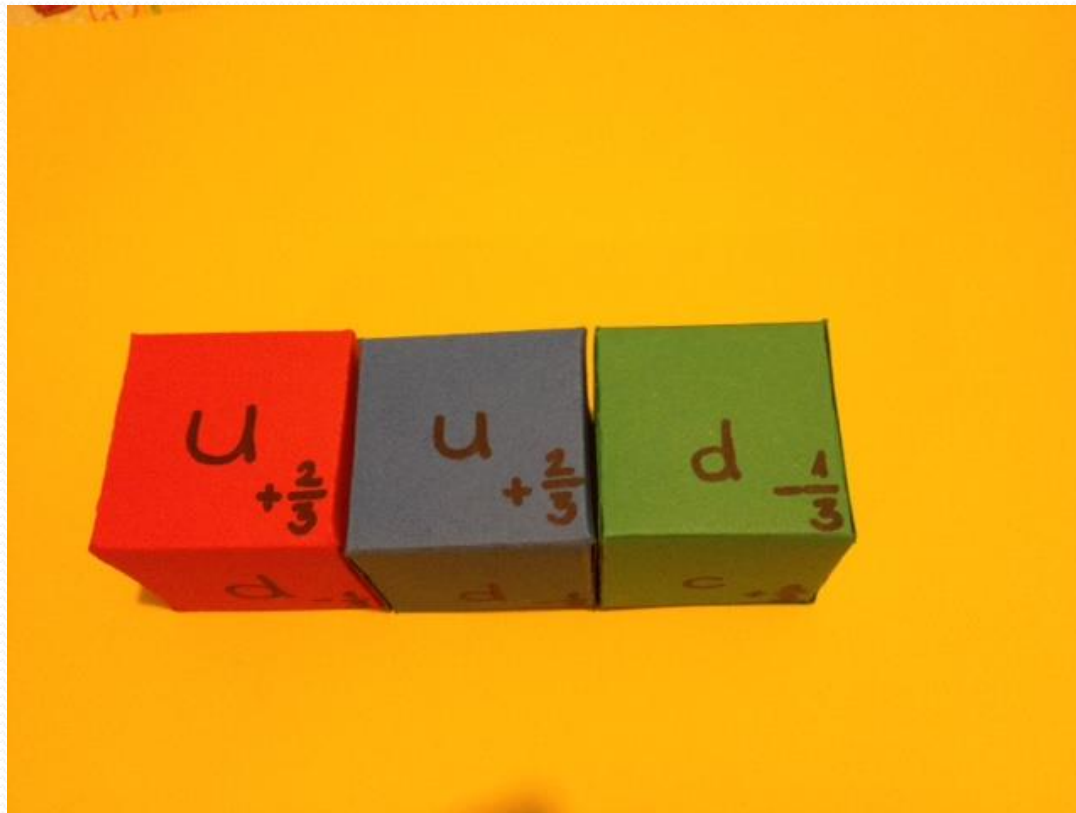
SŐT! (nagy energiákon)



De nézzük meg milyen kvarkok alkotják a protont?



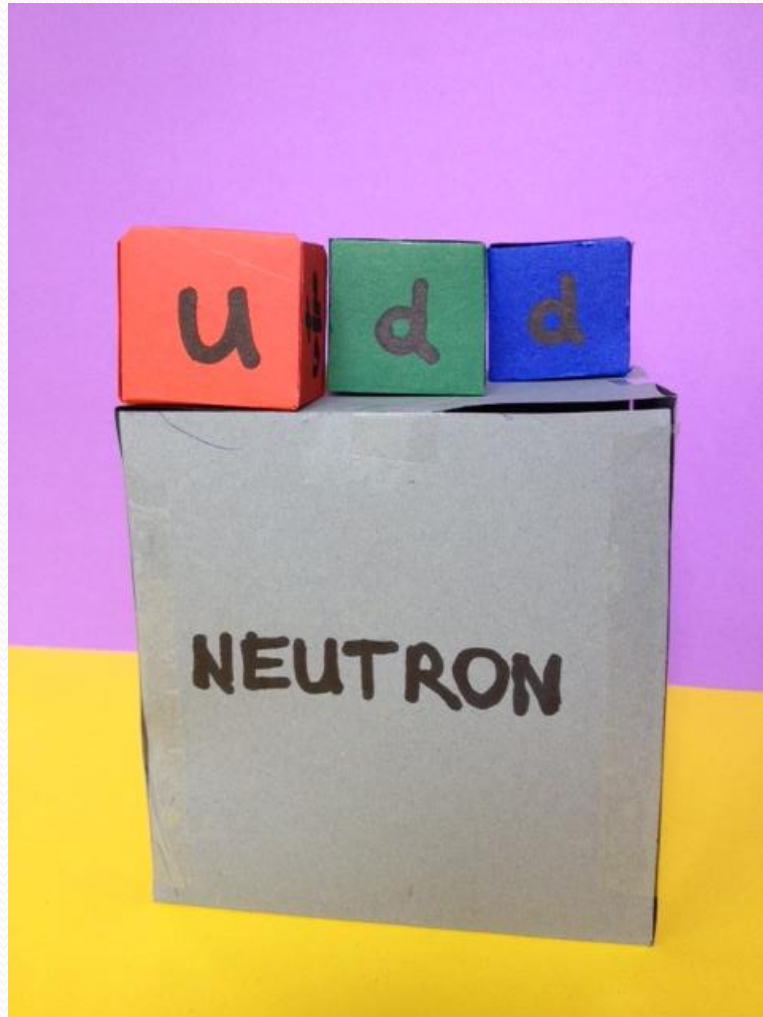
Nézzük csak meg közelebbről!



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



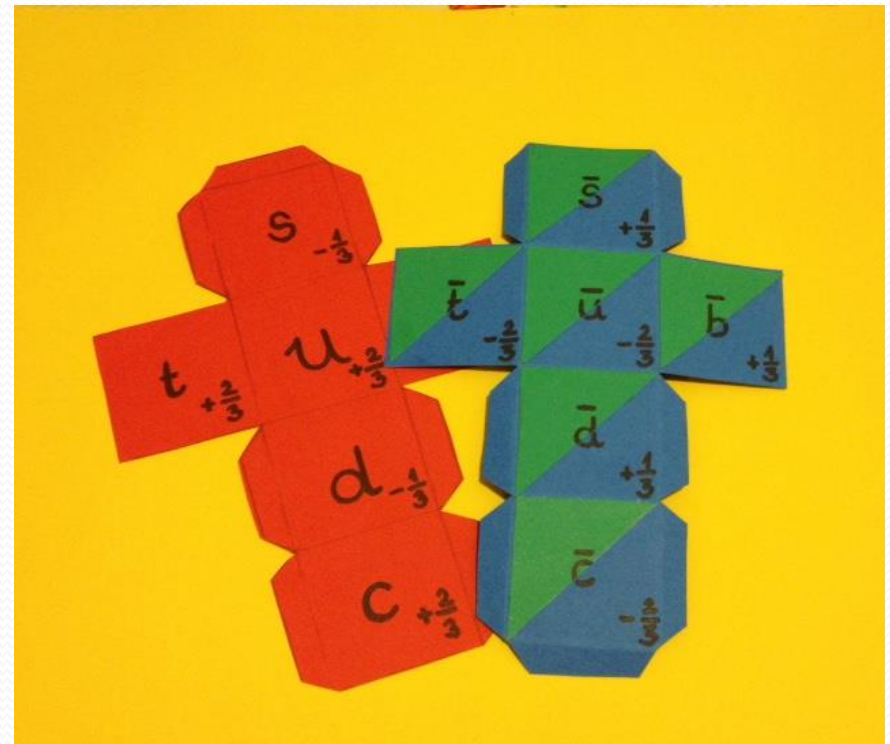
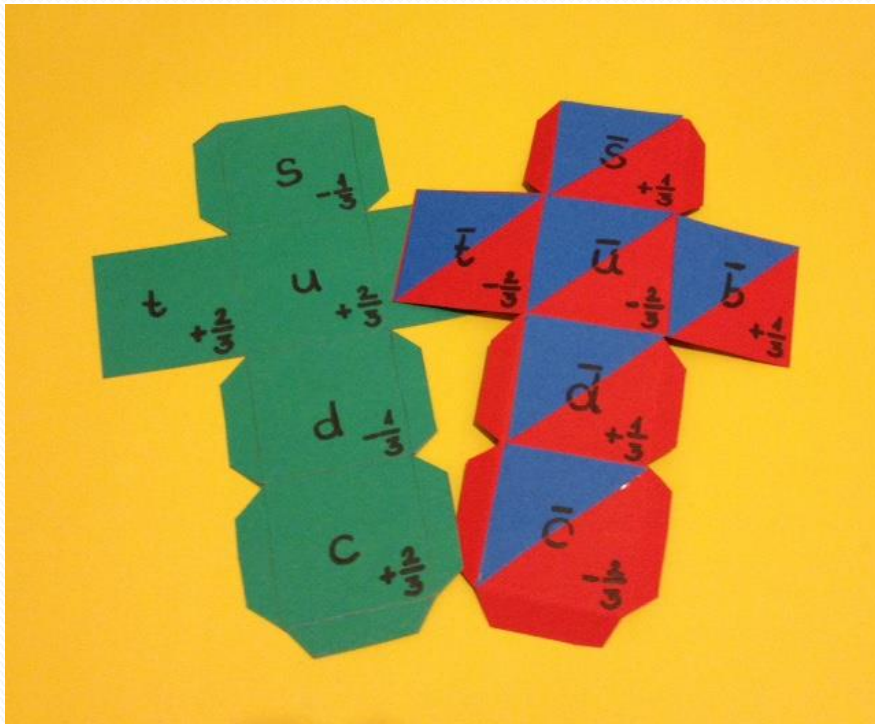
Kvarkokból összesen 6-féle van

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

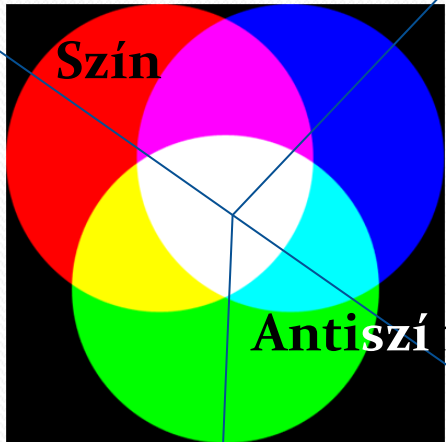
| magyar név | angol név | jelölés | <u>nyugalmi tömeg</u> (GeV/c ²) | <u>elektromos töltés</u> (e) |
|------------|-----------|----------|--|---------------------------------|
| Fel | Up | <i>u</i> | 0,0015-0,005 | 2/3 |
| Le | Down | <i>d</i> | 0,017-0,025 | -1/3 |
| Bájos | Charm | <i>c</i> | 1,1-1,4 | 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 ☺

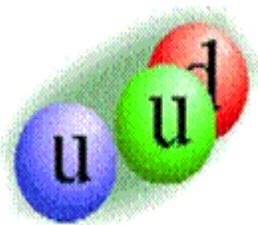


Készítsünk 3 kvark és 3 antikvark kockát!
Ugyanis még a színtöltésükre is figyelniük kell!



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

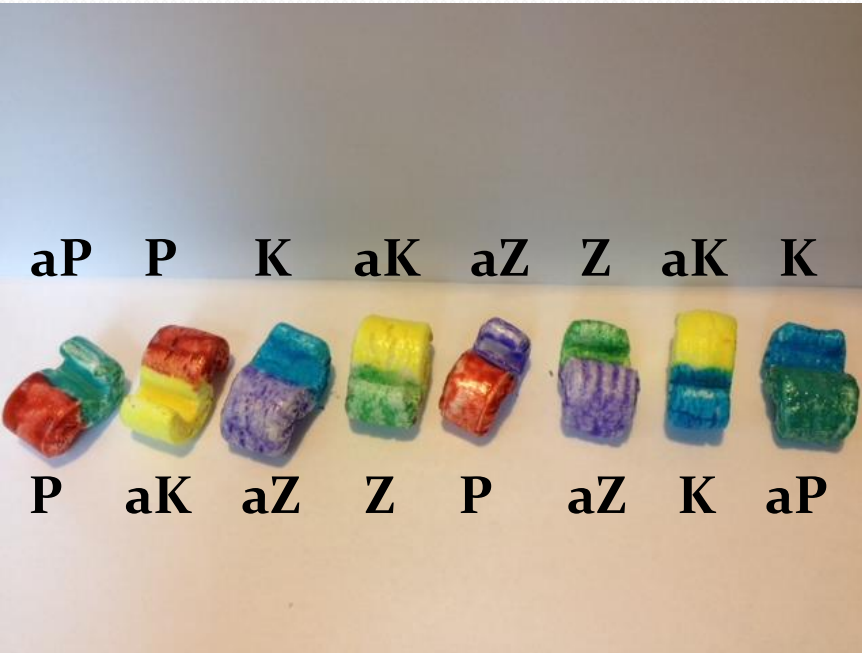


Eddig tehát szó volt a kvarkokról és a köztük lévő gluonokról

| <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?



8 különböző fajtája van,
de "fehér" nem lehet

ők is színt-antiszínt
hordoznak

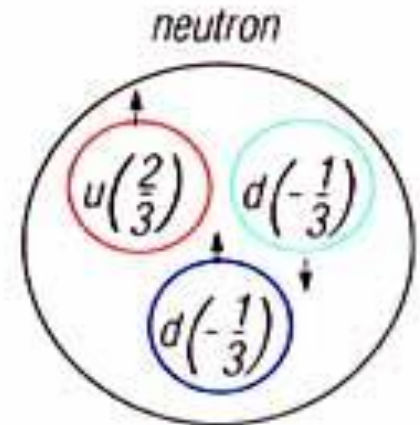
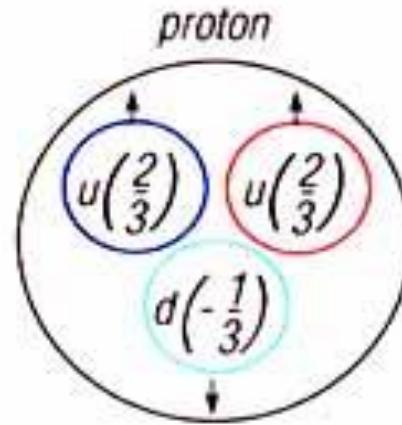
+ Z-aP, +2 "szürke"



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

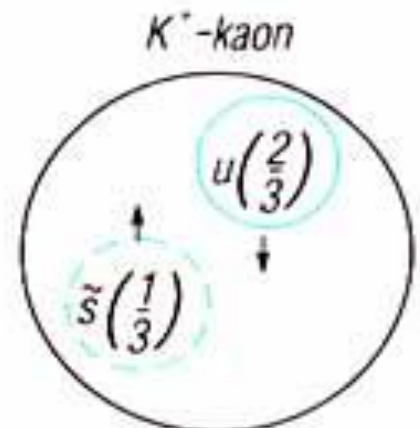
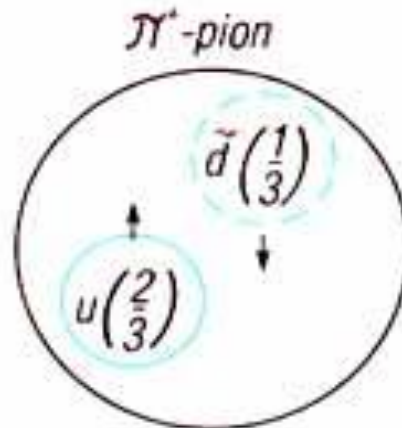
H
A
D
R
O
N
O
K

Barionok →
(3 kvarkból állnak)

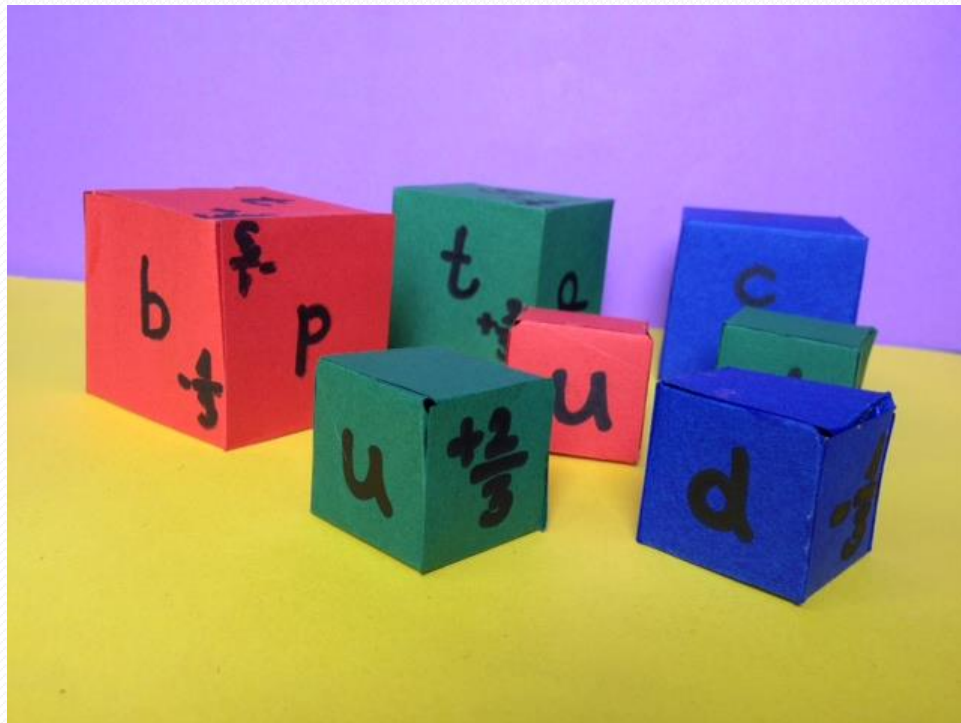


Mezonok →

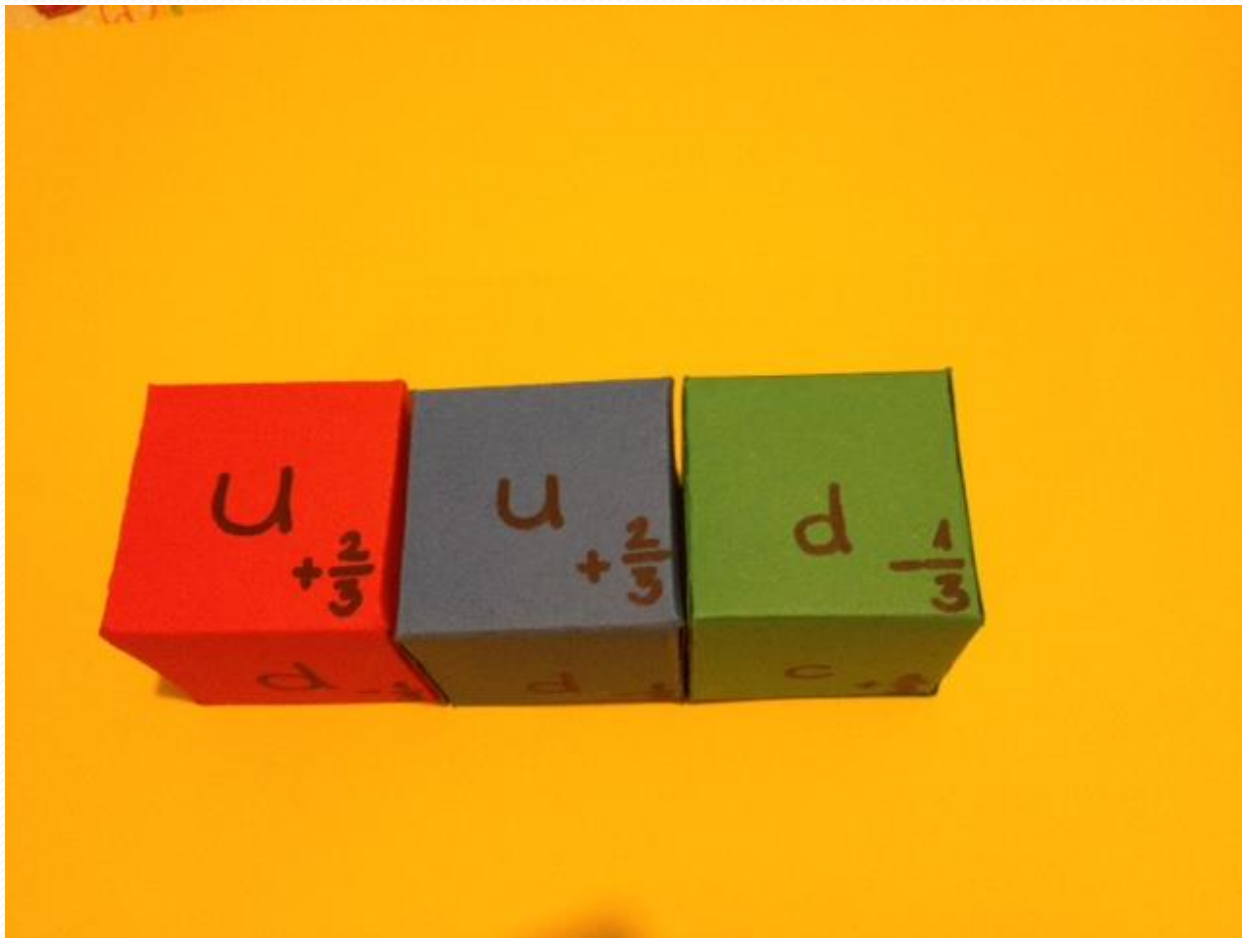
(1 kvarkból és 1 antikvarkból állnak)



Próbáljunk meg először barionokat kirakni a kockáinkból!



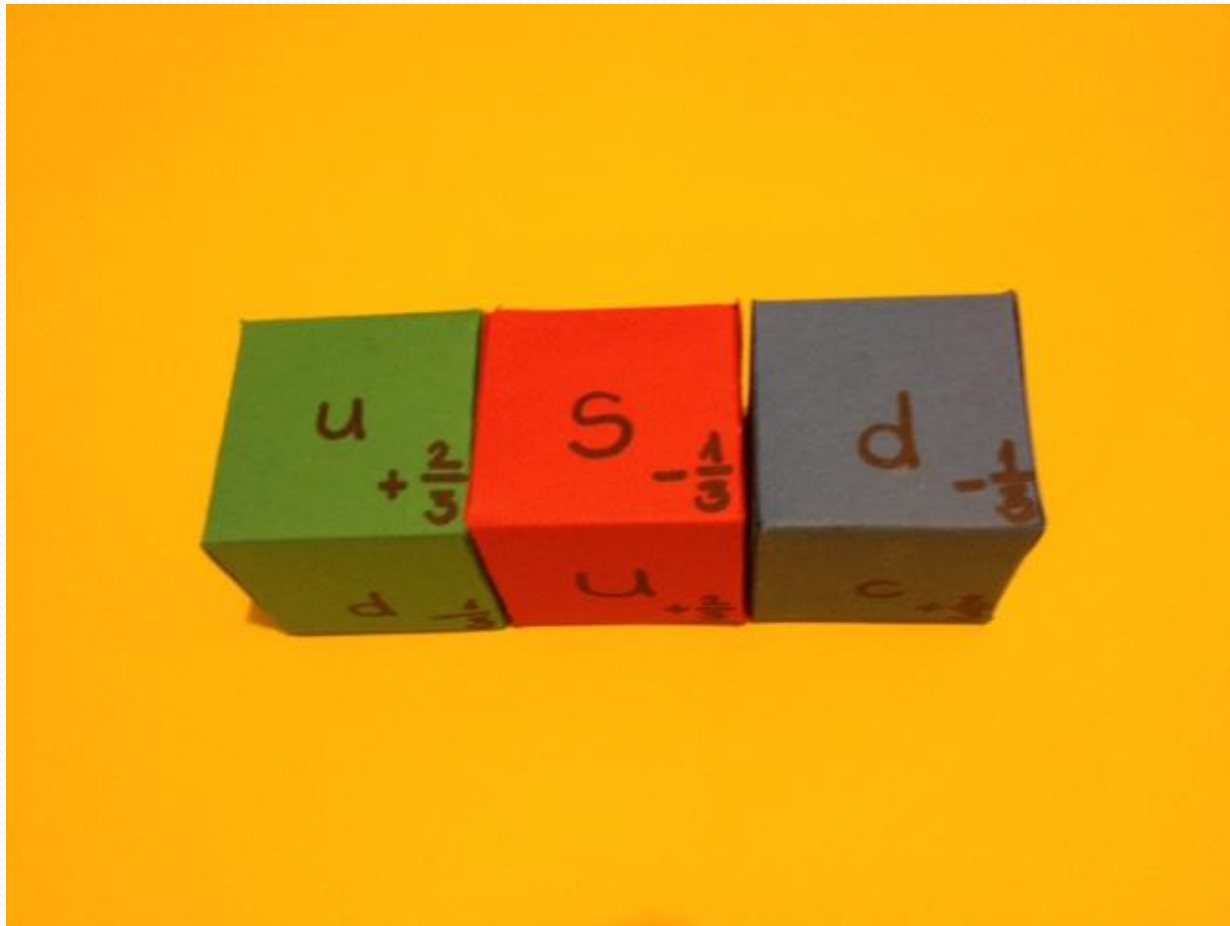
A protont most már úgy is
nevezhetjük, hogy (3 kvarkos)
barion



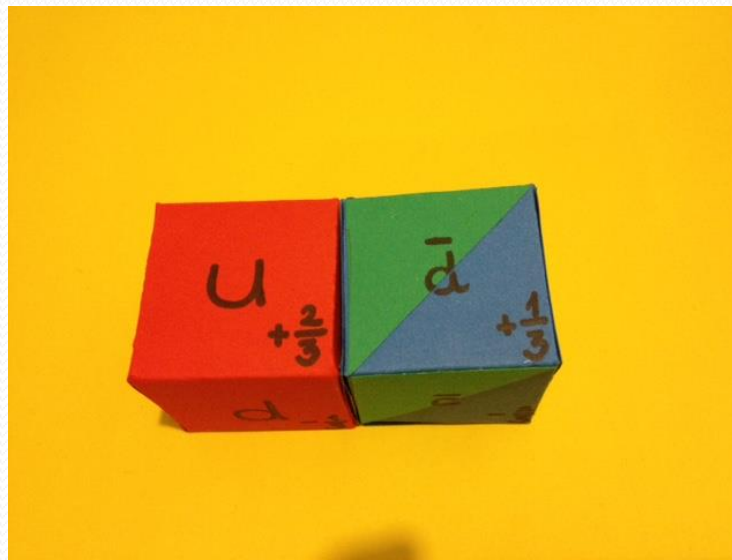
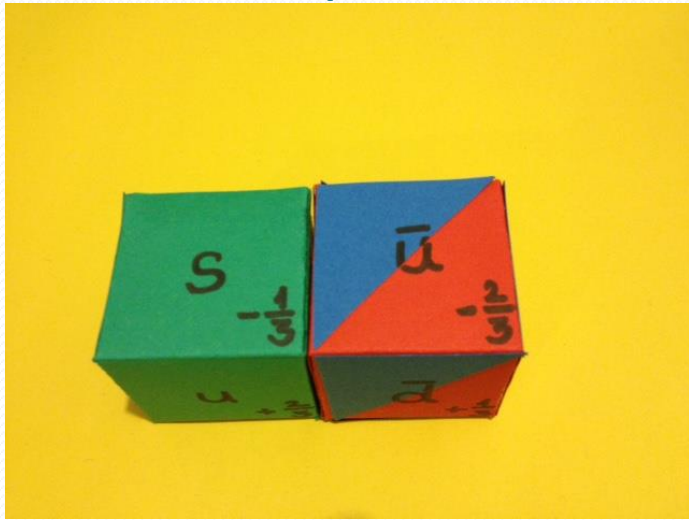
A neutron szintén 3 kvarkból álló barion



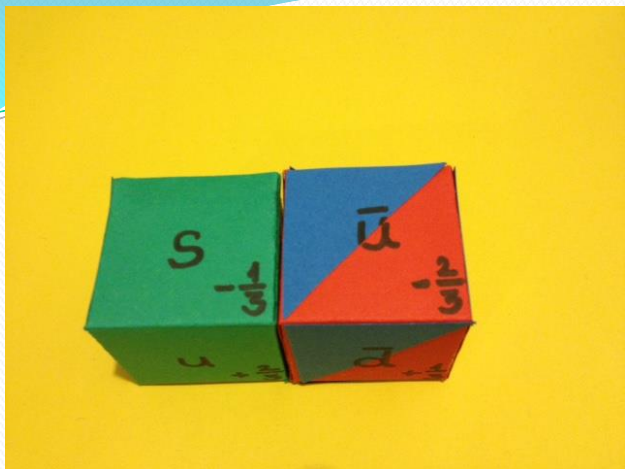
De lehet akár más részecskéket is
hasonlóan összeállítani. Pl.: Λ -részecskét
(töltése= 0)



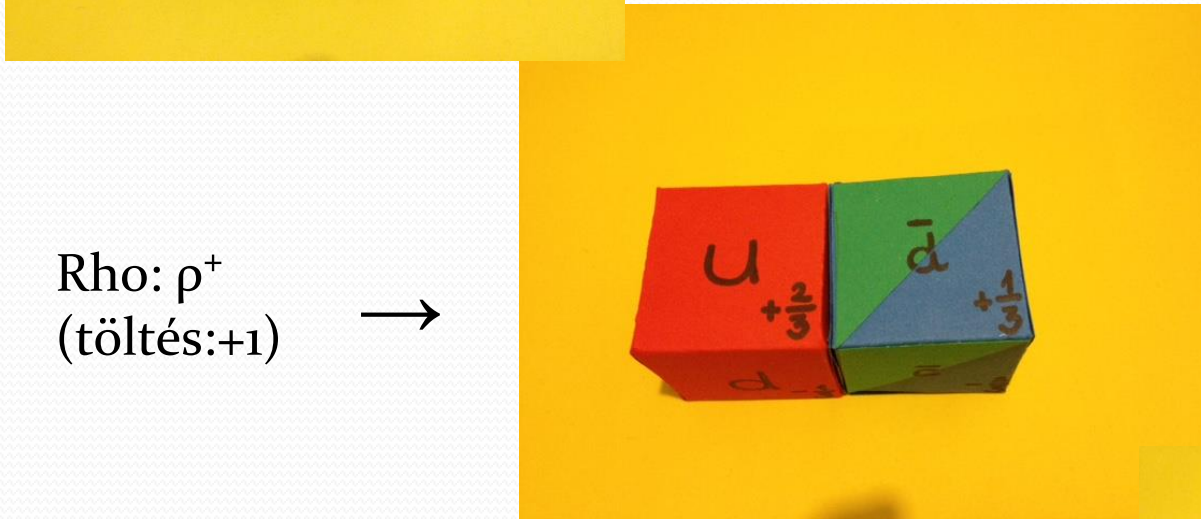
A hadronok másik csoportja: a mezonok,
amik egy kvarkból és egy antikvarkból állnak
(és ne feledjük: szín és antiszínből!)



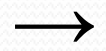
M
E
Z
O
N
O
K



← Kaon: K⁻
(töltés:-1)



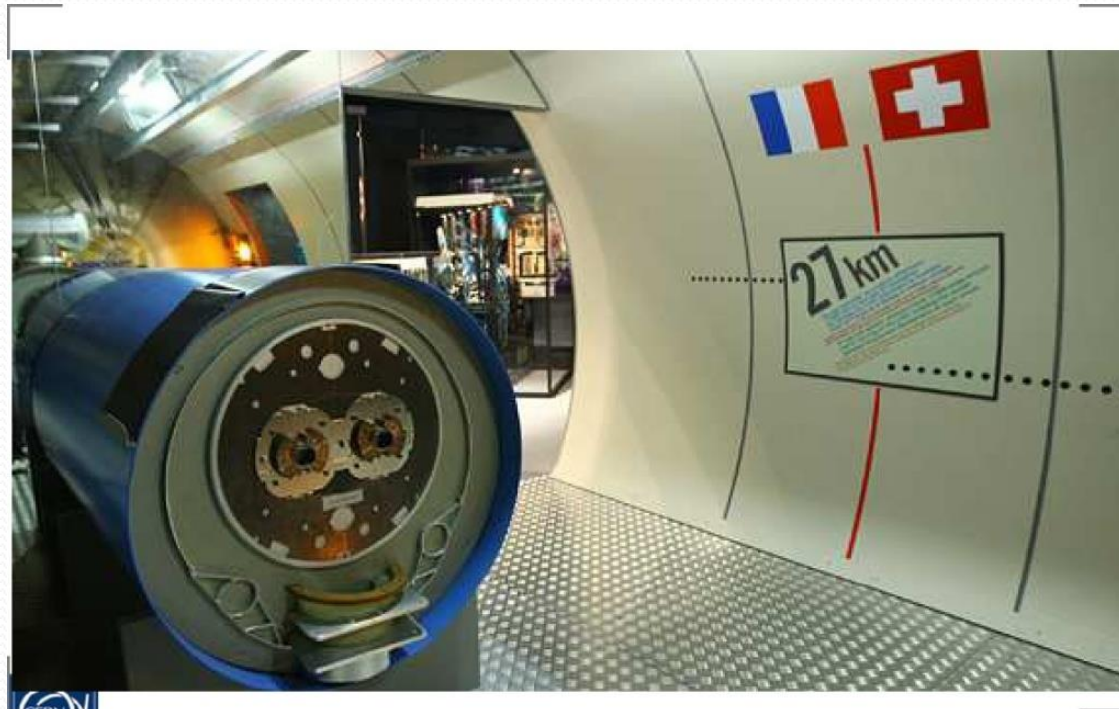
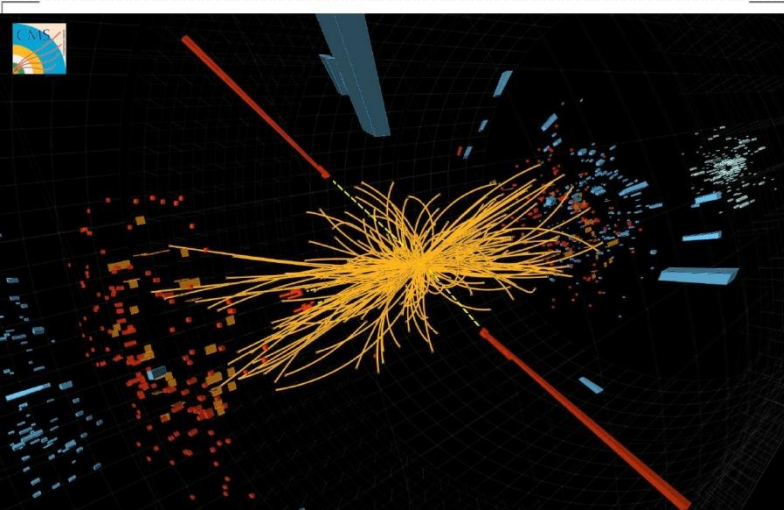
Rho: ρ⁺
(töltés:+1)



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 | 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 |

És hogy még bonyolultabb legyen az életünk:

Lehet másképpen is osztályozni a részecskéket!

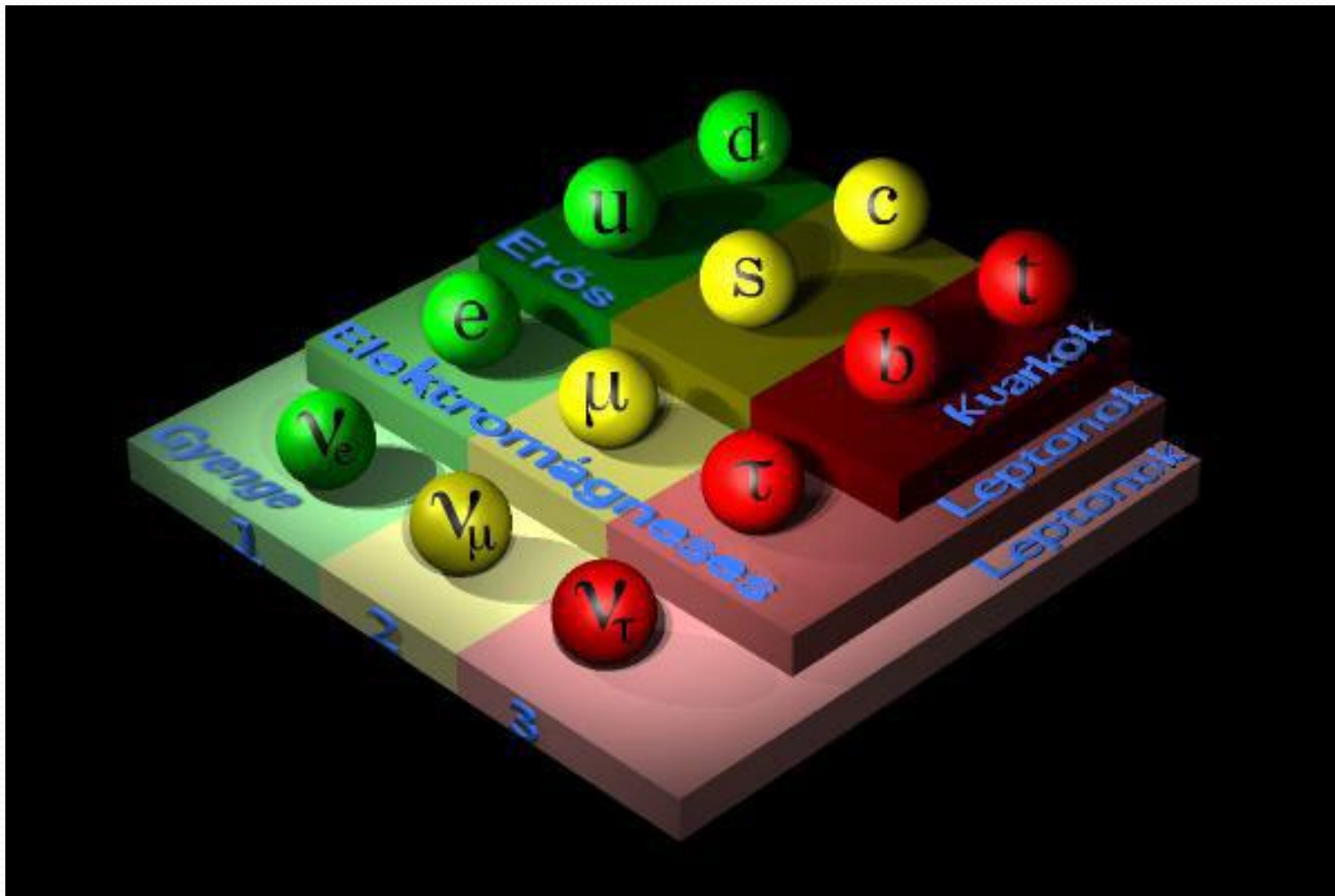
» Spin szerint:

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)

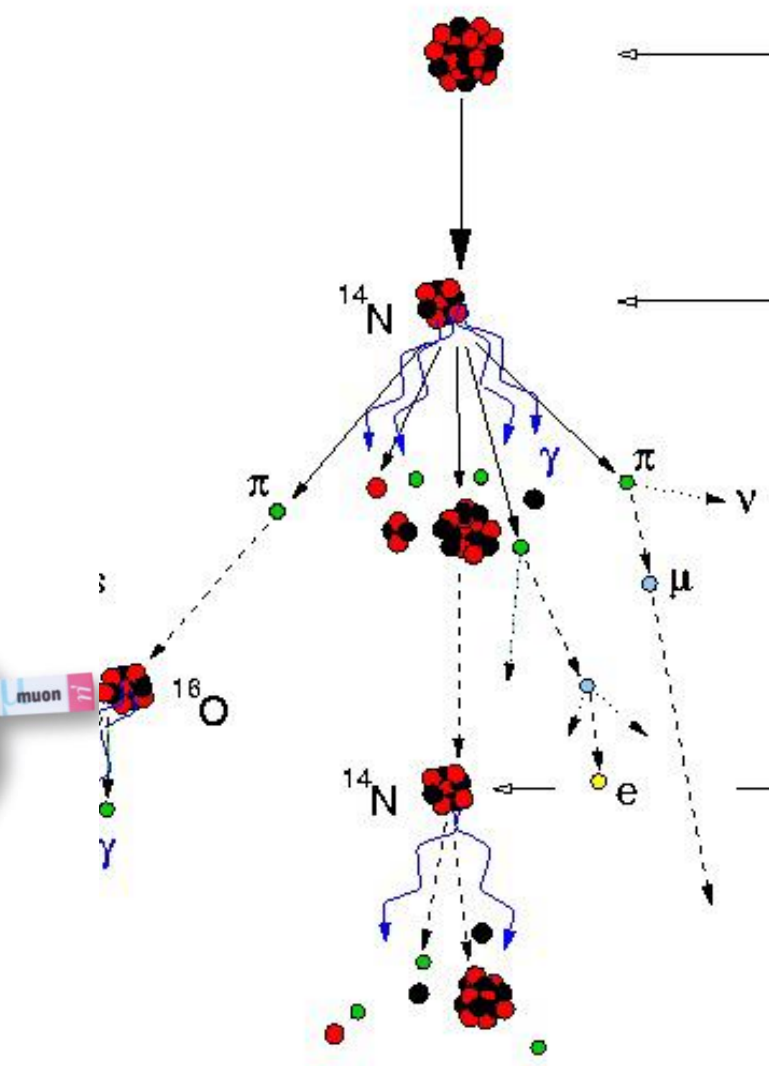
De ne is menjünk bele, túl bonyolult?



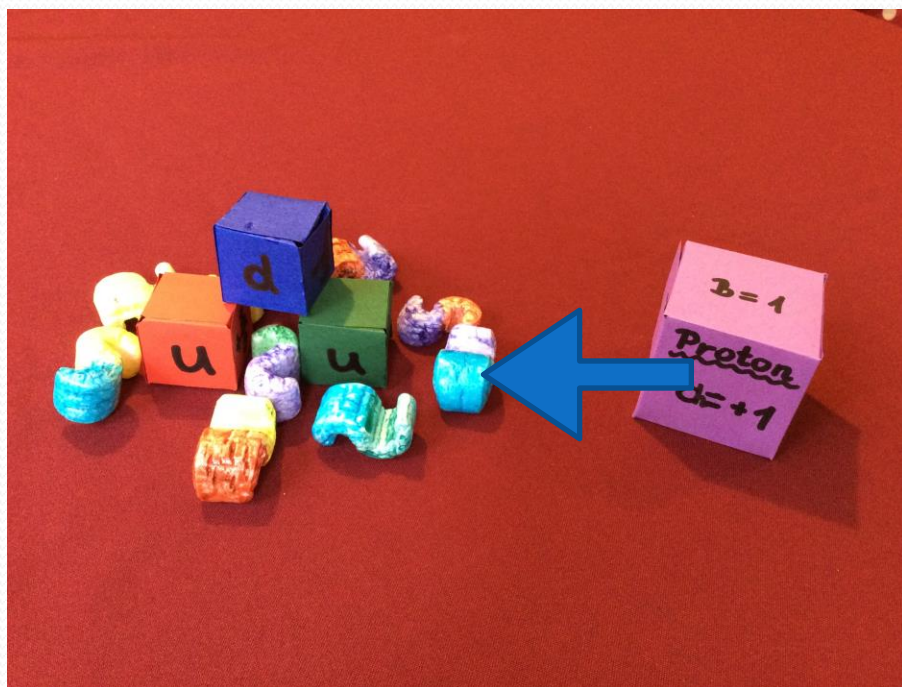
Müondetektorokat építünk, de mit kell tudni róla?



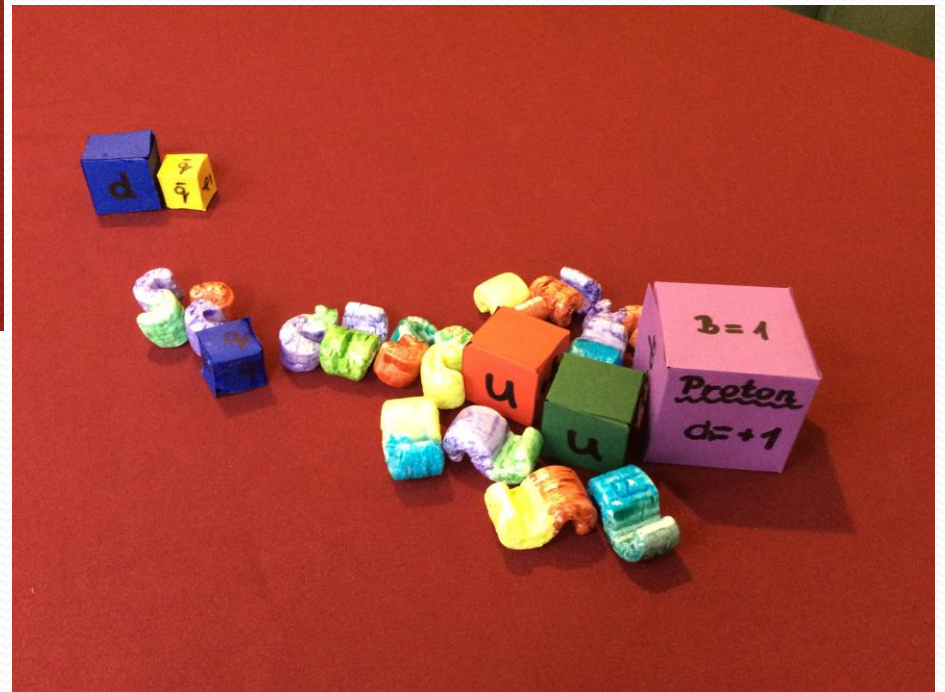
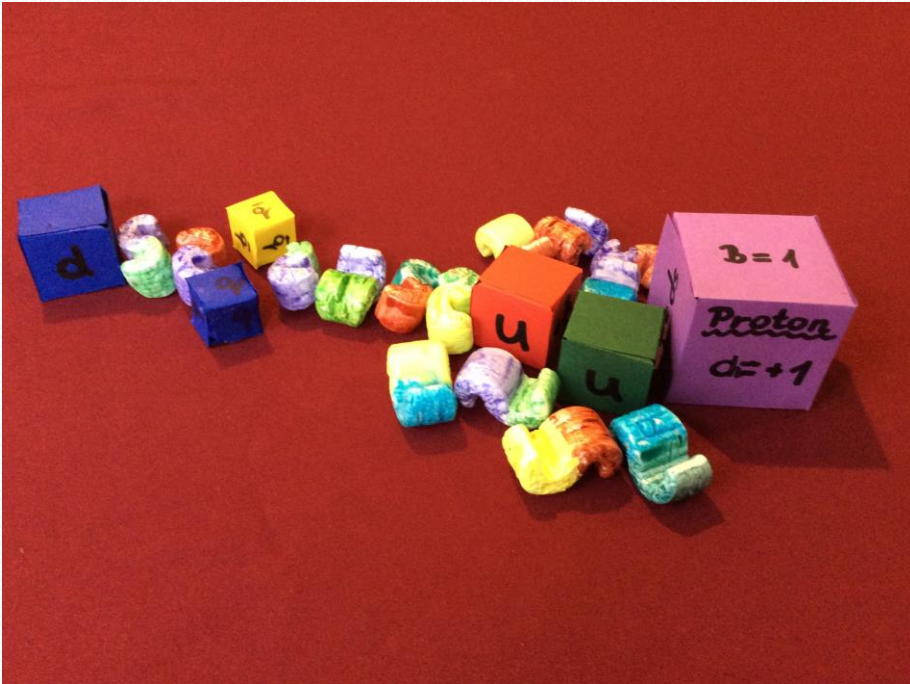
| | 1st | 2nd | 3rd | | | |
|--------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------|-----------------------|
| QUARKS | 2.3 M u up | 1.27 G c charm | 173.1 G t top | strong nuclear force | H higgs | |
| | 4.8 M d down | 95 M s strange | 4.2 G b bottom | | | |
| | 0.511 M e electron | 105.7 M μ muon | 1.78 G τ tau | | | electromagnetic force |
| | ν_e e neutrino | 0.17 M ν_μ μ neutrino | <15.5 M ν_τ τ neutrino | | | |
| | γ photon | W W boson | Z Z boson | | | |
| | FERMIONS | | | | | GAUGE BOSONS |



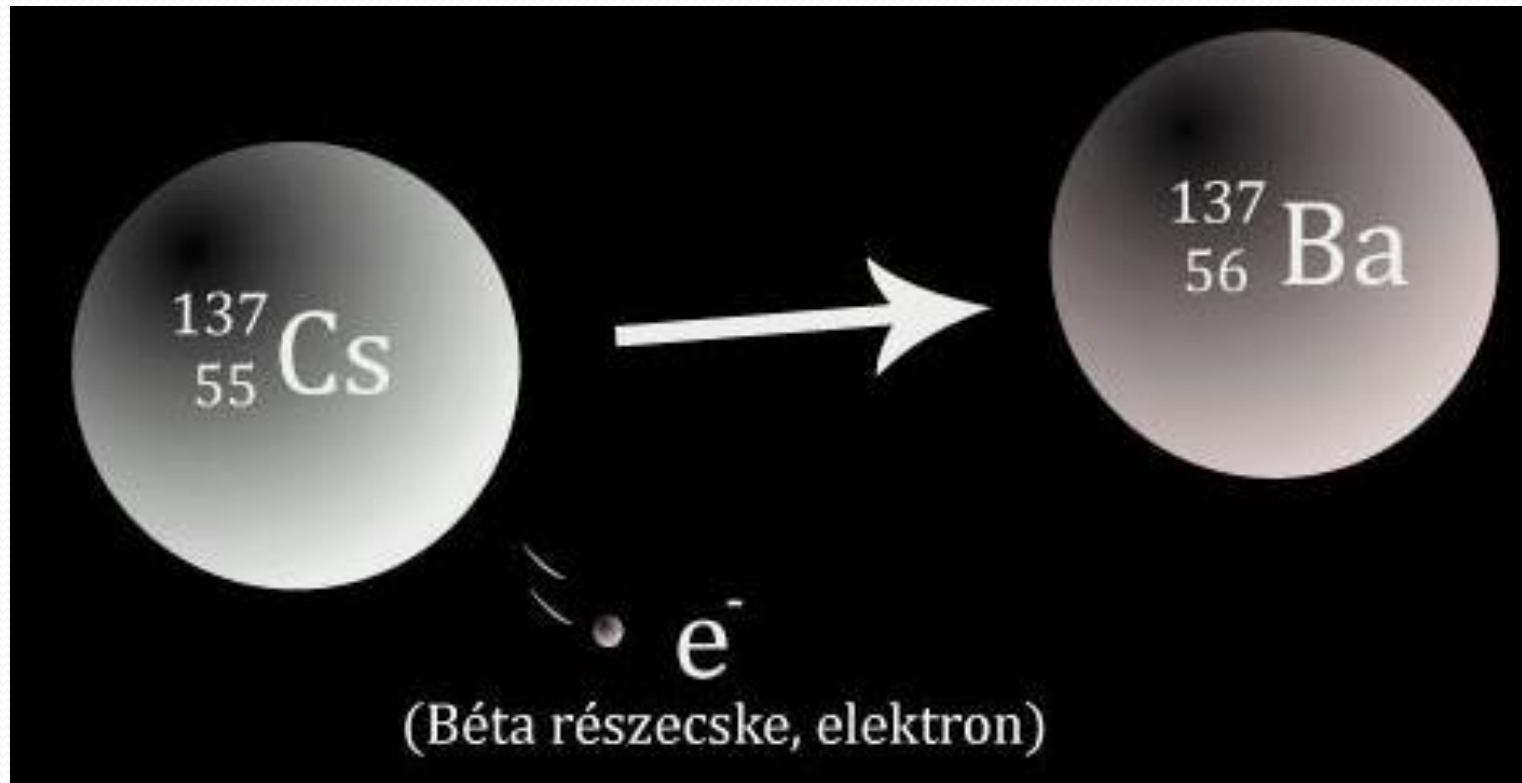
Kvarkbezárás > mezonok keletkezése



Gluon > kvark-antikvark párkeltés



A részecskefizika „becsempészése” a középszintű tananyagba



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

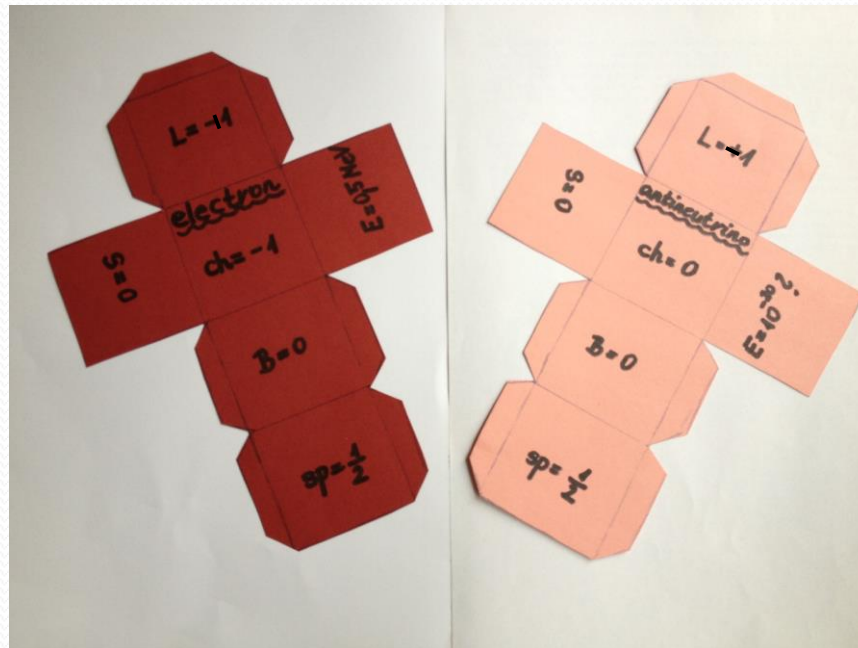
Egy kis segítség

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

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!



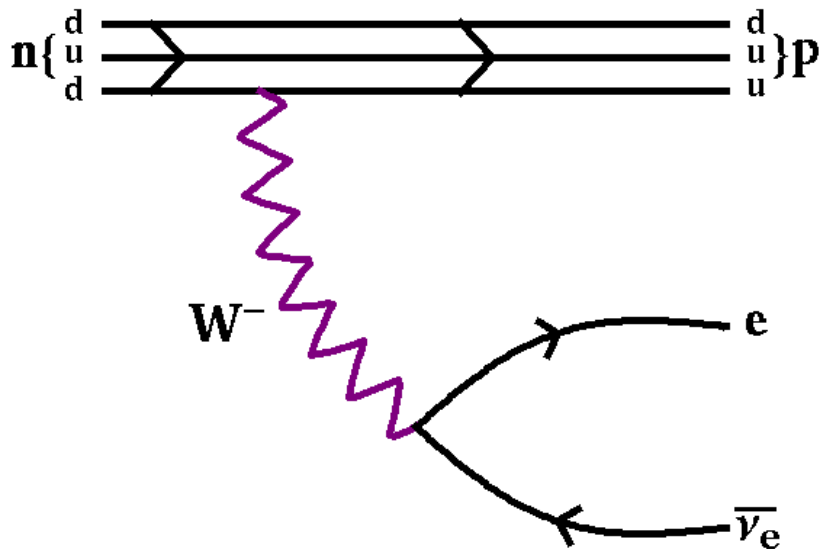
A radioaktív bomlások egyik fajtája a β -bomlás

- 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:

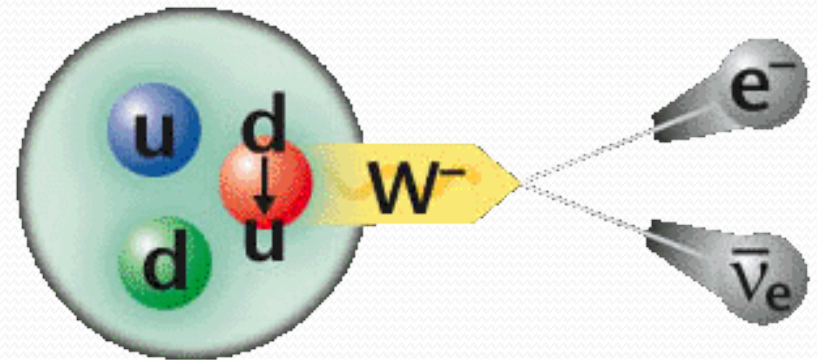
Neutron Decay
(Neutron bomlás)



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

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

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



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



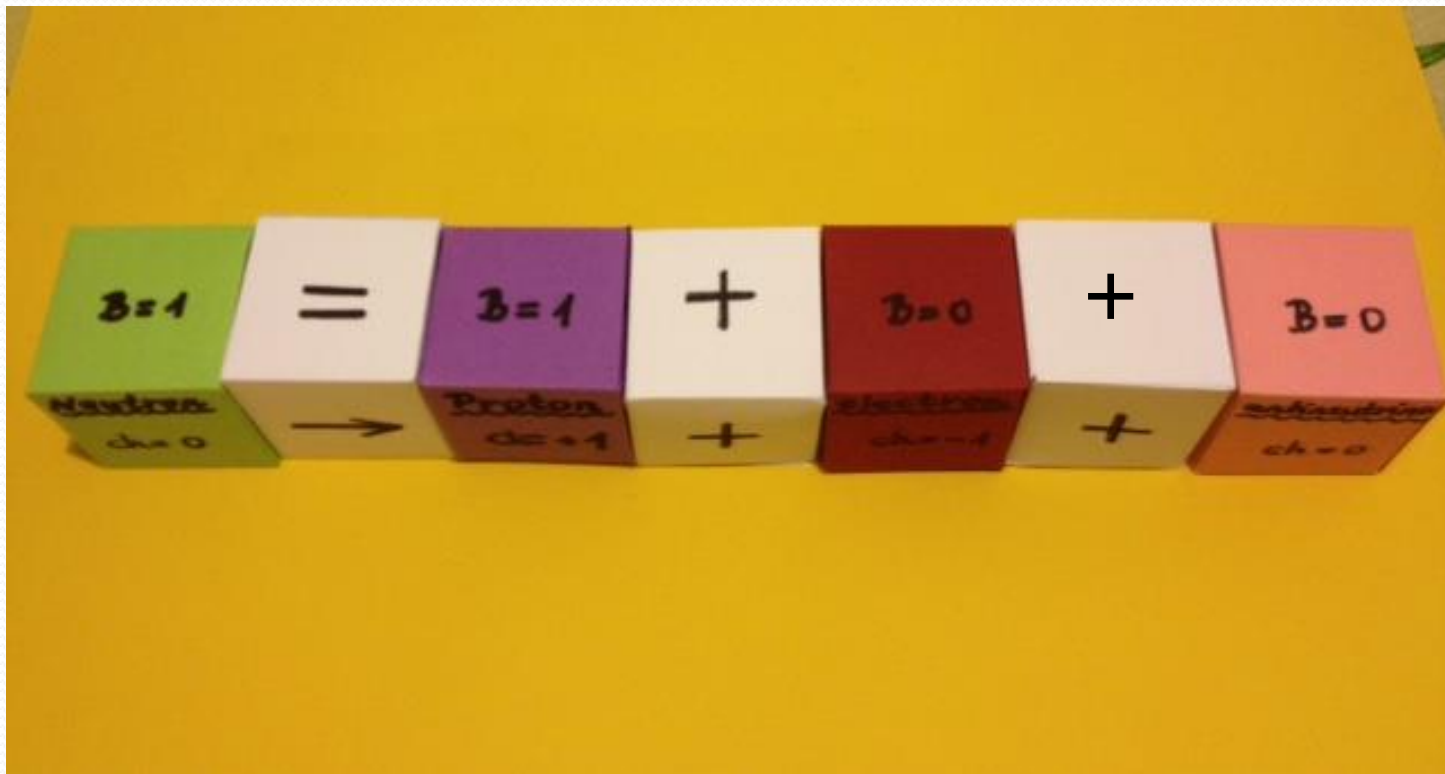
Elektromos töltés: $0 \rightarrow (+1) + (-1) + 0$

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

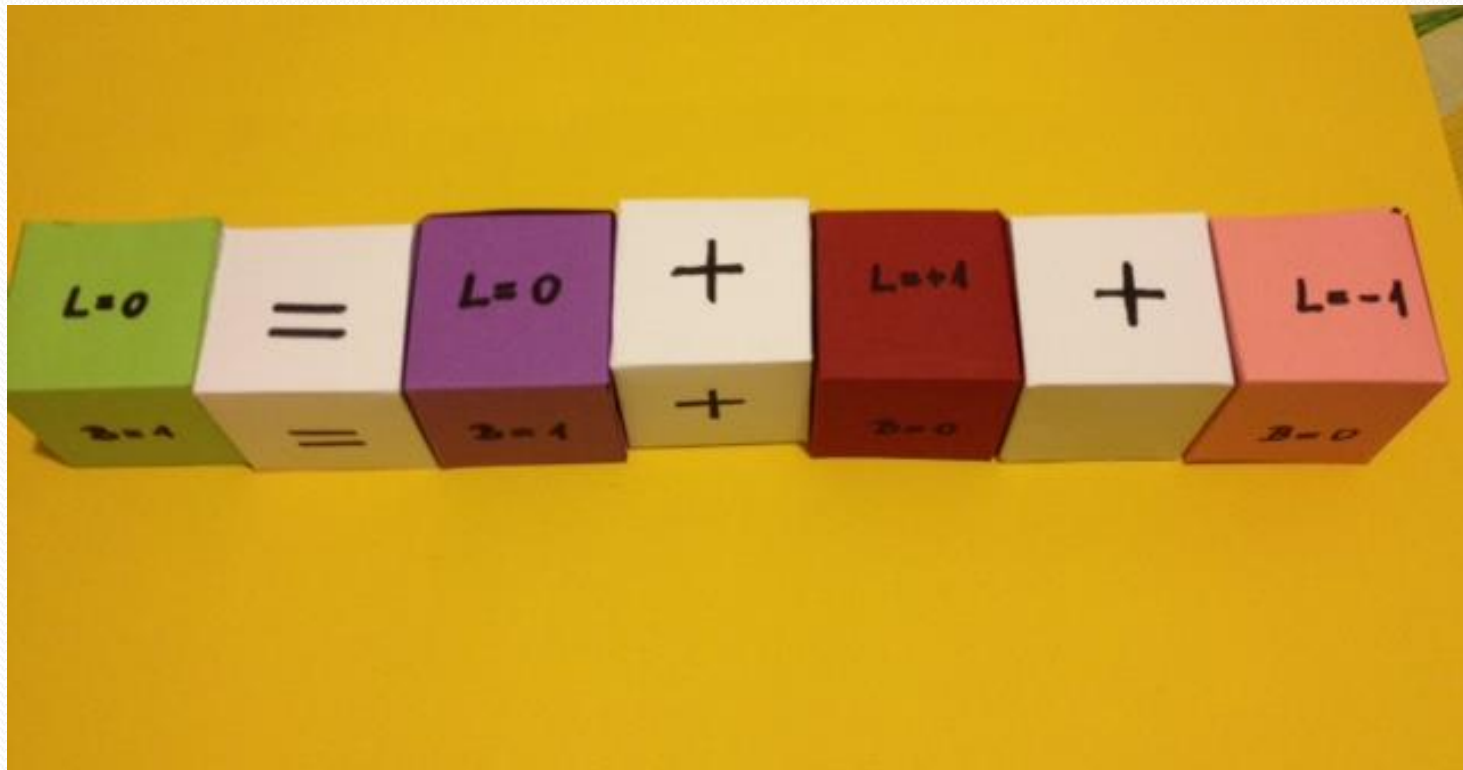
Leptonszám: $0 \rightarrow 0 - (+1) + (-1)$

Vegyük először a barion szám megmaradást!

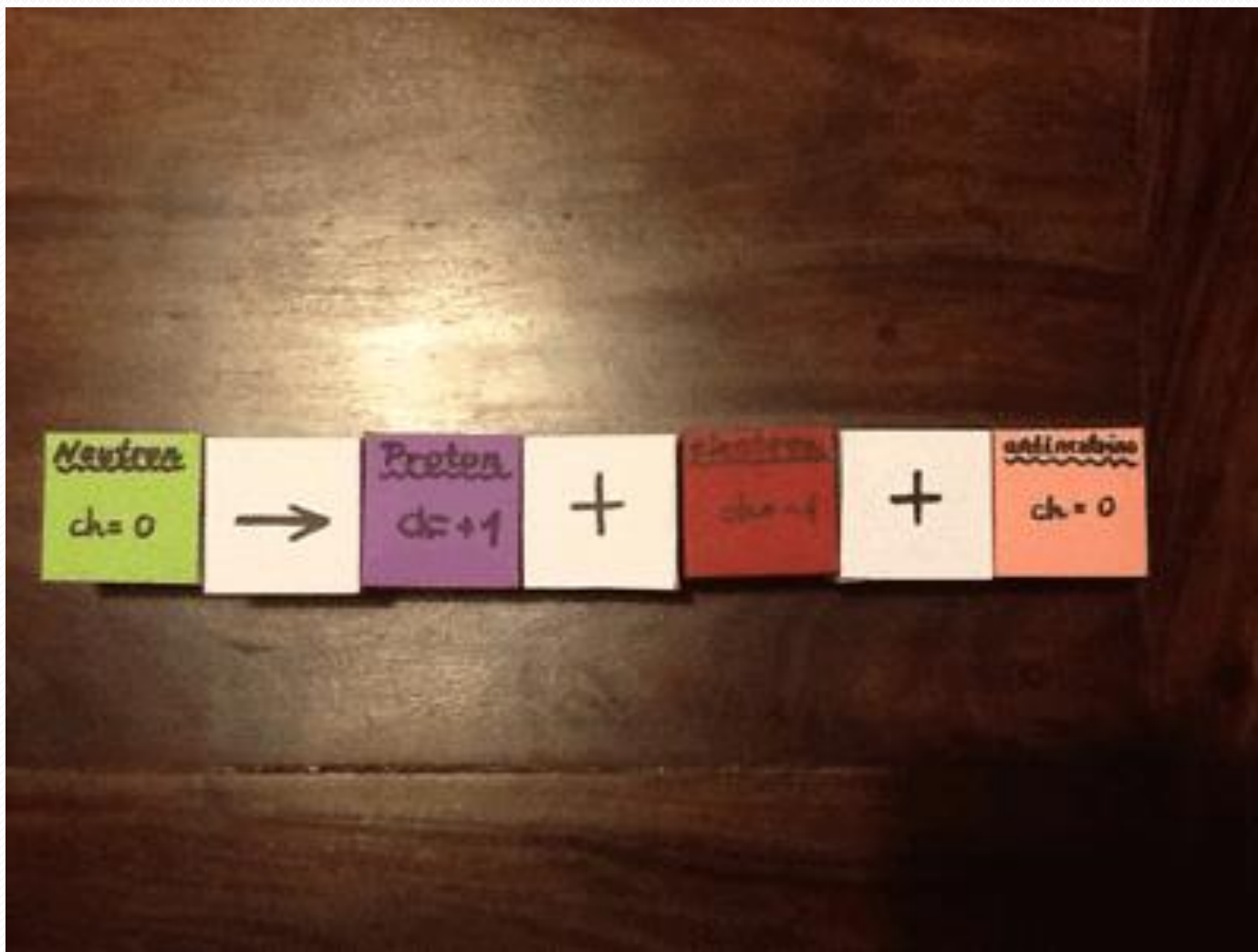
Ehhez forgassunk egyet a kockáinkon!



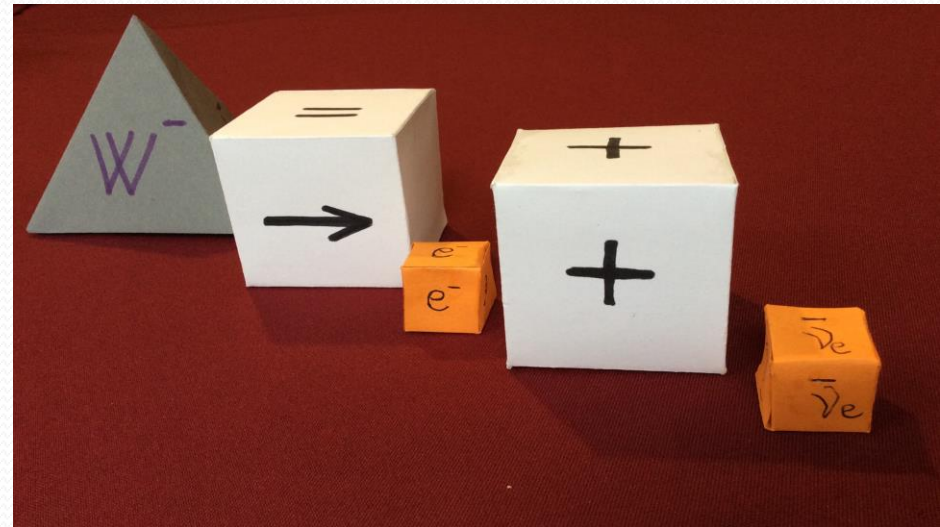
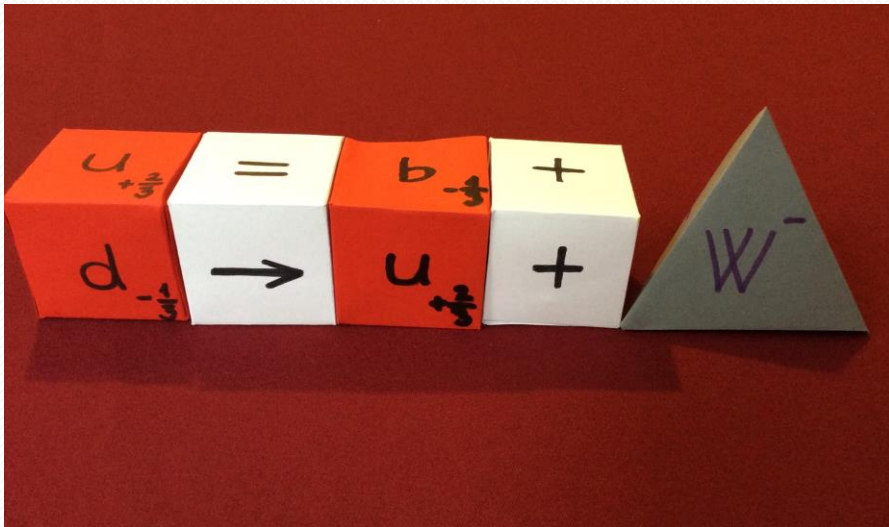
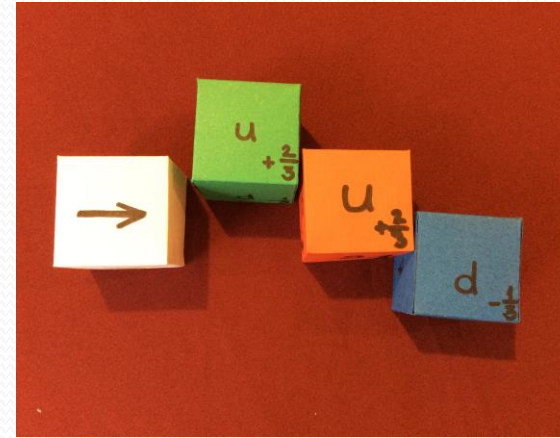
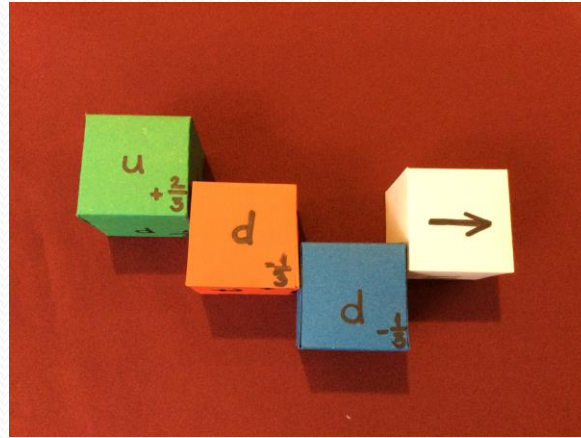
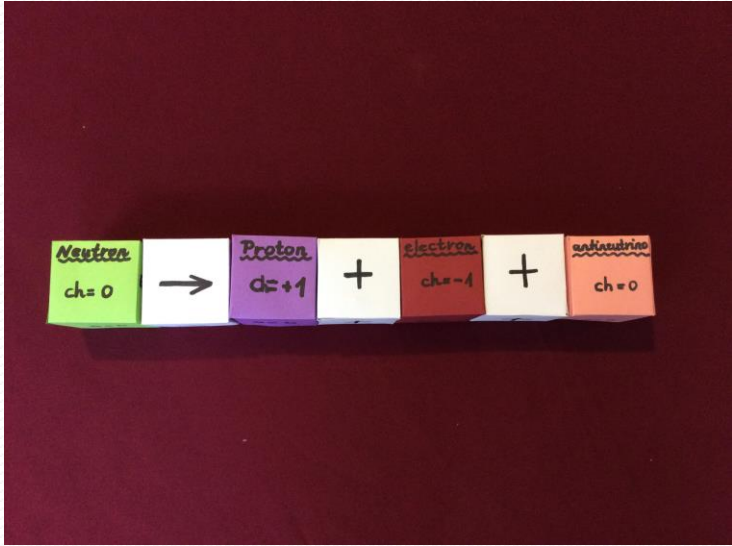
Majd a lepton szám megmaradását is!
Még egyet forgatnunk kell a kockákon



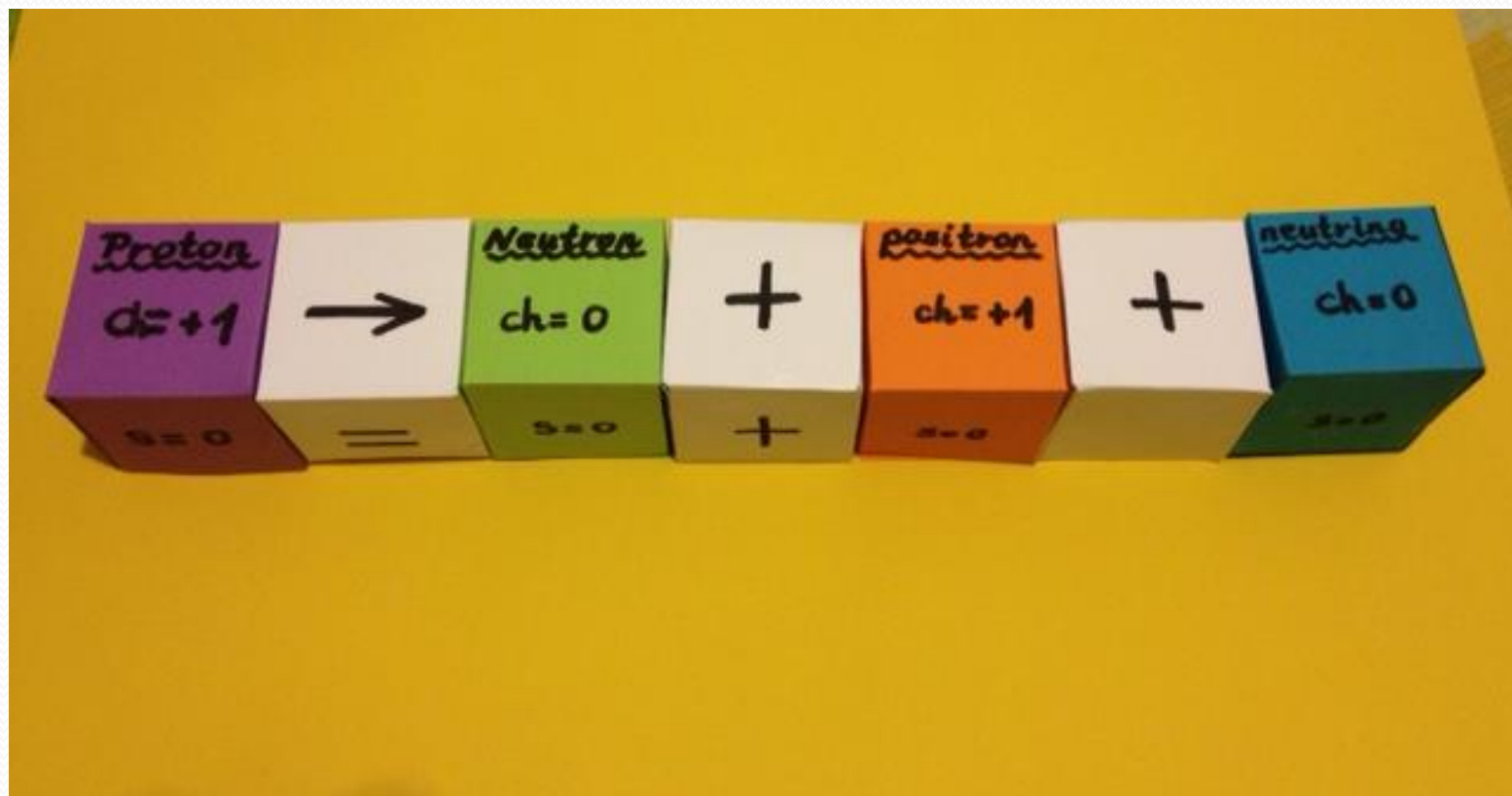
Minden egyes forgatással más és más mennyiség jelenik meg az oldalakon



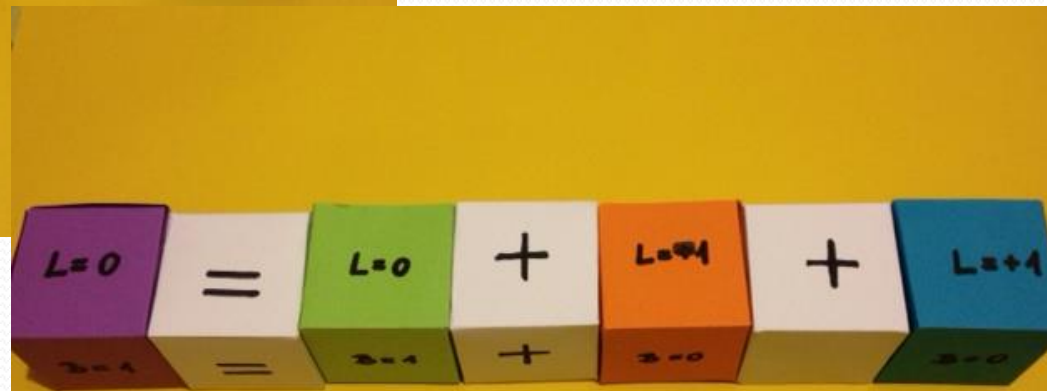
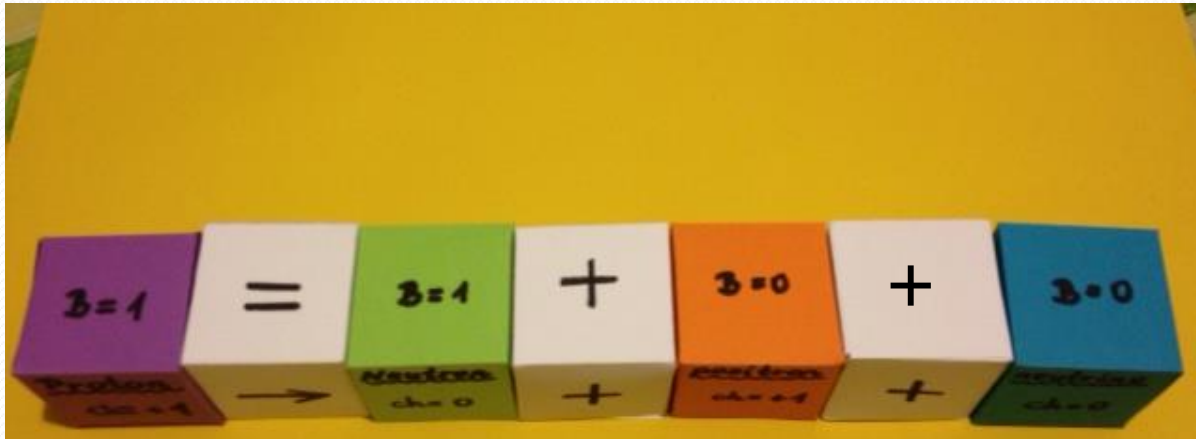
Kvark szinten



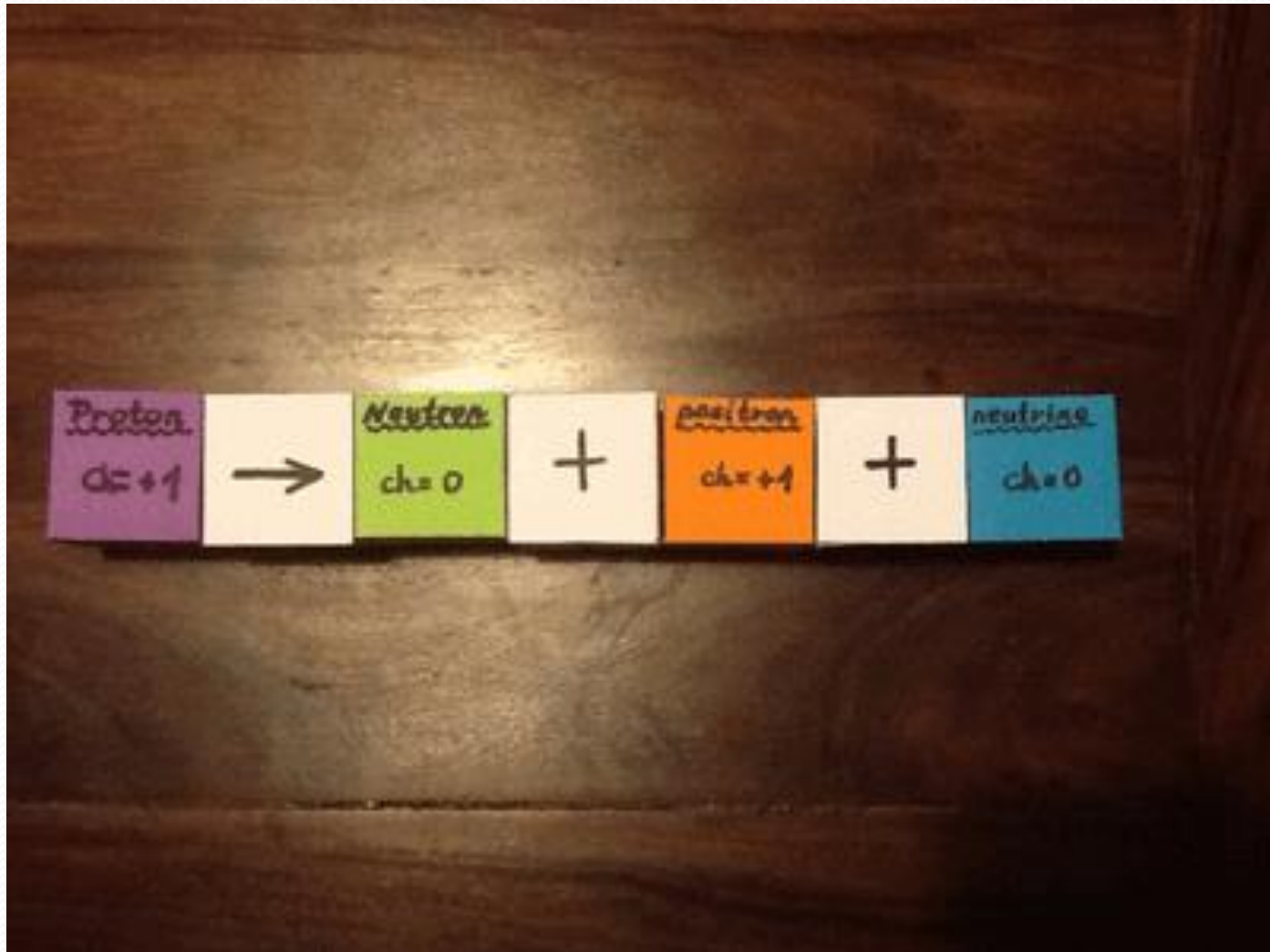
Ugyanígy nézzük meg a proton β -bomlását is!



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!