

JÁTÉKOS RÉSZECSCHEFIZIKA

„AZ ATOMOKTÓL CSILLAGOKIG” ELTE, 2020. 02.20.

DR. OLÁH ÉVA MÁRIA

Bálint Márton Általános Iskola és Középiskola
ELKH Wigner Fizikai Kutatóközpont
MTA-ELTE Fizika Tanítása Szakmódszertani Kutatócsoport
olaheva@hotmail.com

ONCE UPON A TIME...



MIÉRT ÉPPEN RÉSZECSCSKEFIZIKA?



Remélem a végére kiderül 😊

2009. 

EURÓPA → SVÁJC → GENF → CERN



A KEDVENC LÁTKÉPEM

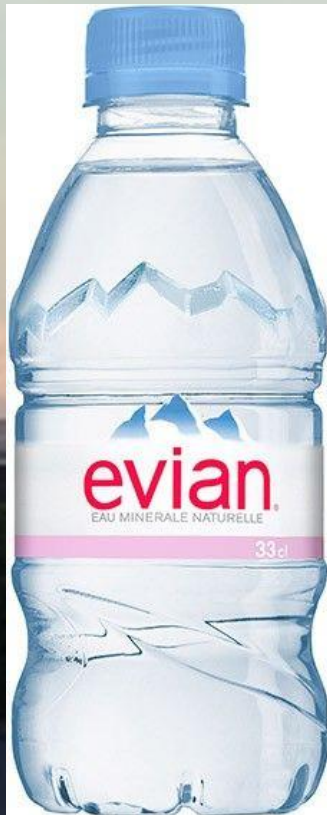


A KEDVENC LÁTKÉPEM



A KEDVENC LÁTKÉPEM

„Mint a Montblanc csúcsán a jég,
Minek nem árt se nap, se szél,...
Vajda János



DE VAN ITT MÉG VALAMI HÍRES



A RÉSZECSEKEFIZIKA FELLEGVÁRA

CERN

ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

European Organization for Nuclear Research

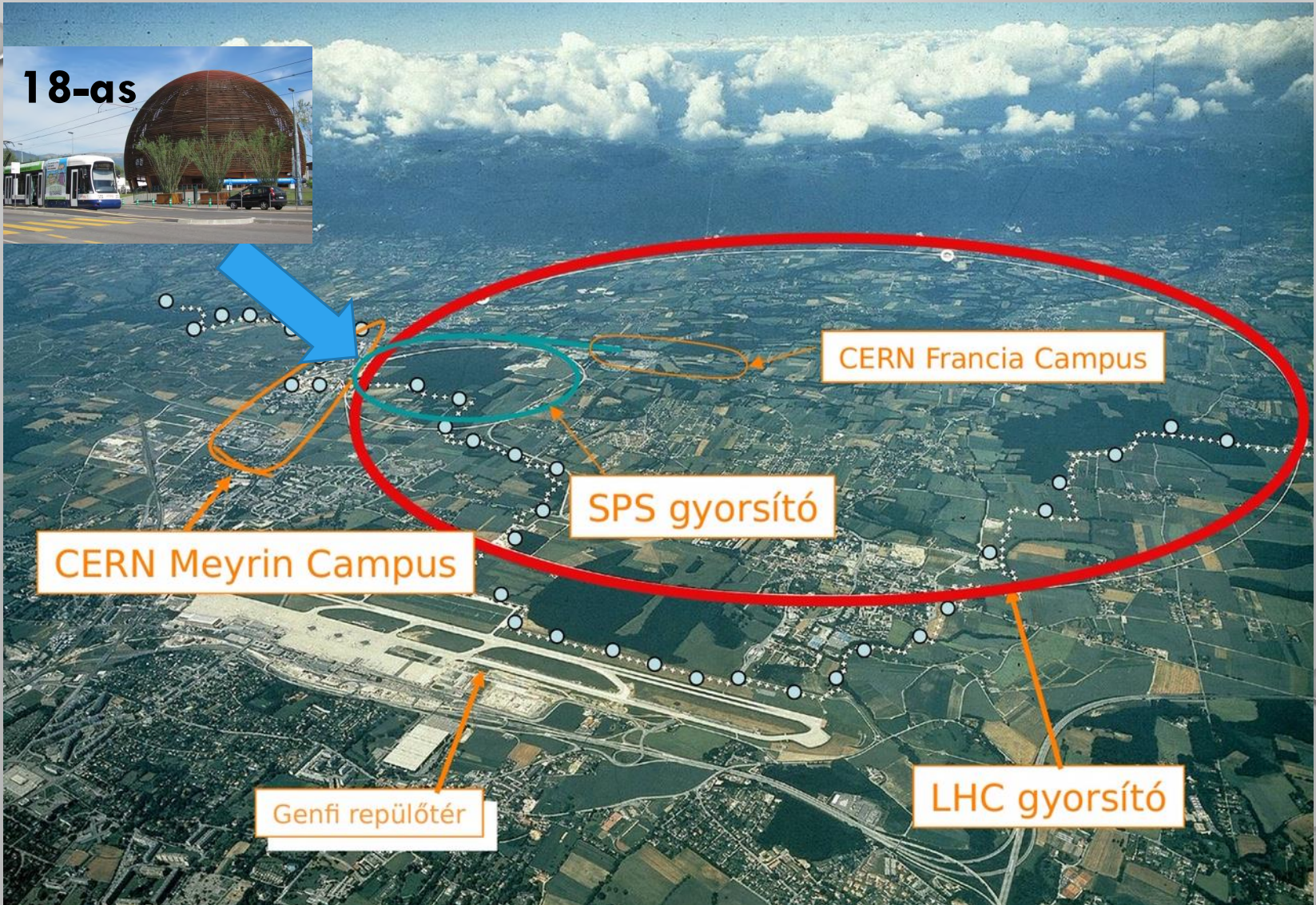
Európai Nukleáris Kutatási Szervezet

Európai Részecskefizikai Laboratórium

66 év a részecskefizikai kutatásban

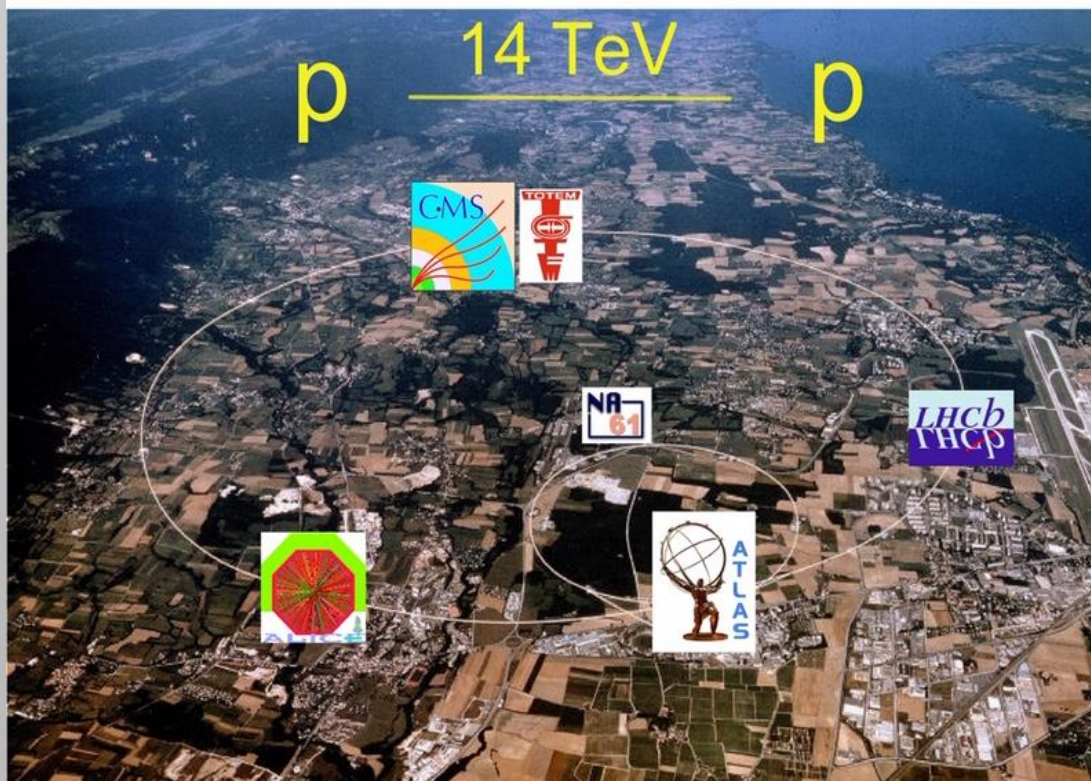


PONTOSAN HOL TALÁLHATÓ?



A LEGHÍRESEBB: LARGE HADRON COLLIDER

A Nagy Hadron Ütköztető (LHC) a valaha épített legnagyobb, az elemi részecskék vizsgálatára szolgáló tudományos mérőberendezés.



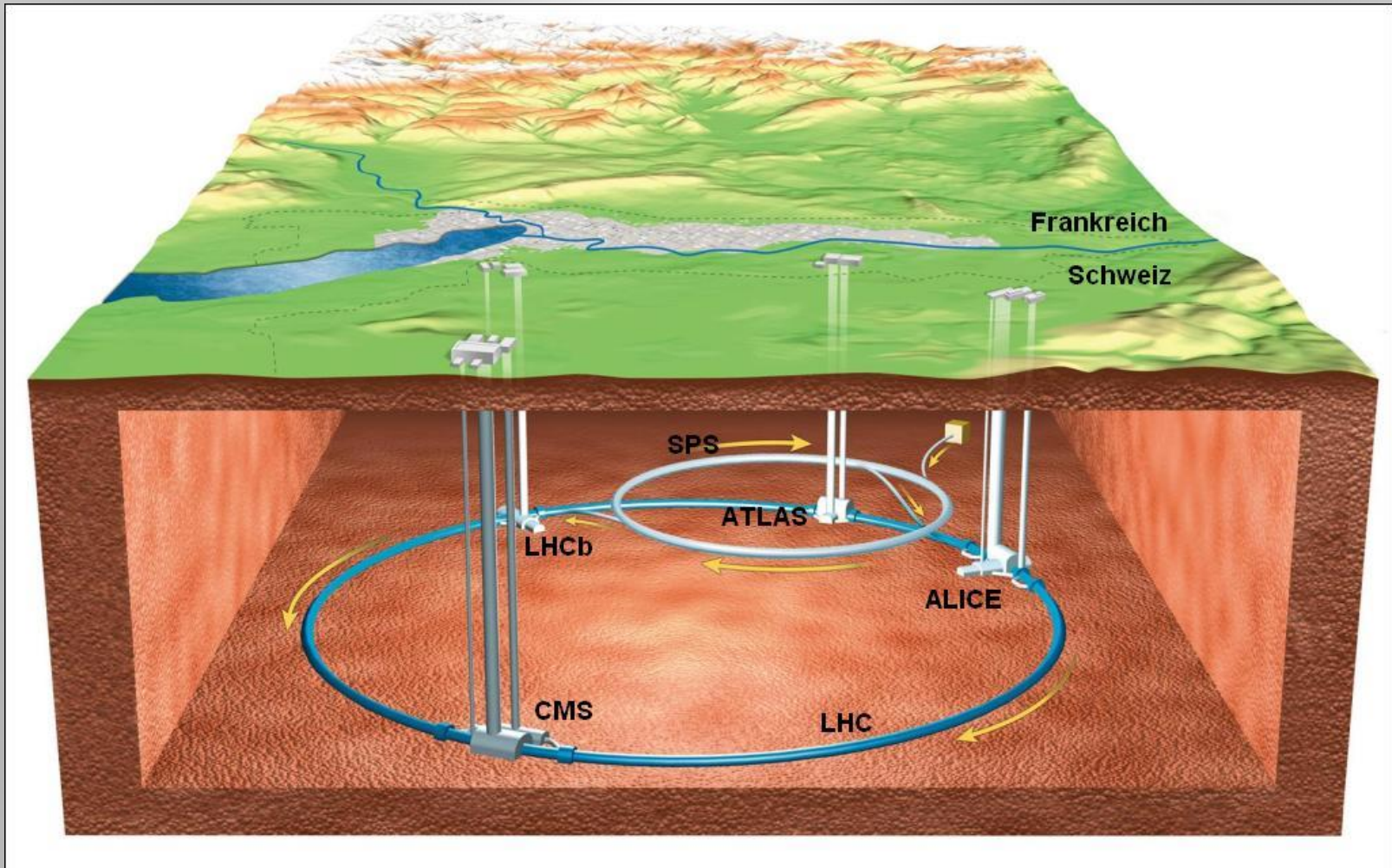
Óriási detektorok négy hatalmas földalatti csarnokban

A világ legnagyobb teljesítményű tudományos részecskegyorsítója

Szupravezető mágnesei alacsonyabb hőmérsékleten mint a világűr hidege

„Legek”...

100 MÉTERREL A FÖLD ALATT



ÚTBAN A FÖLD ALÁ...



írisz szkener

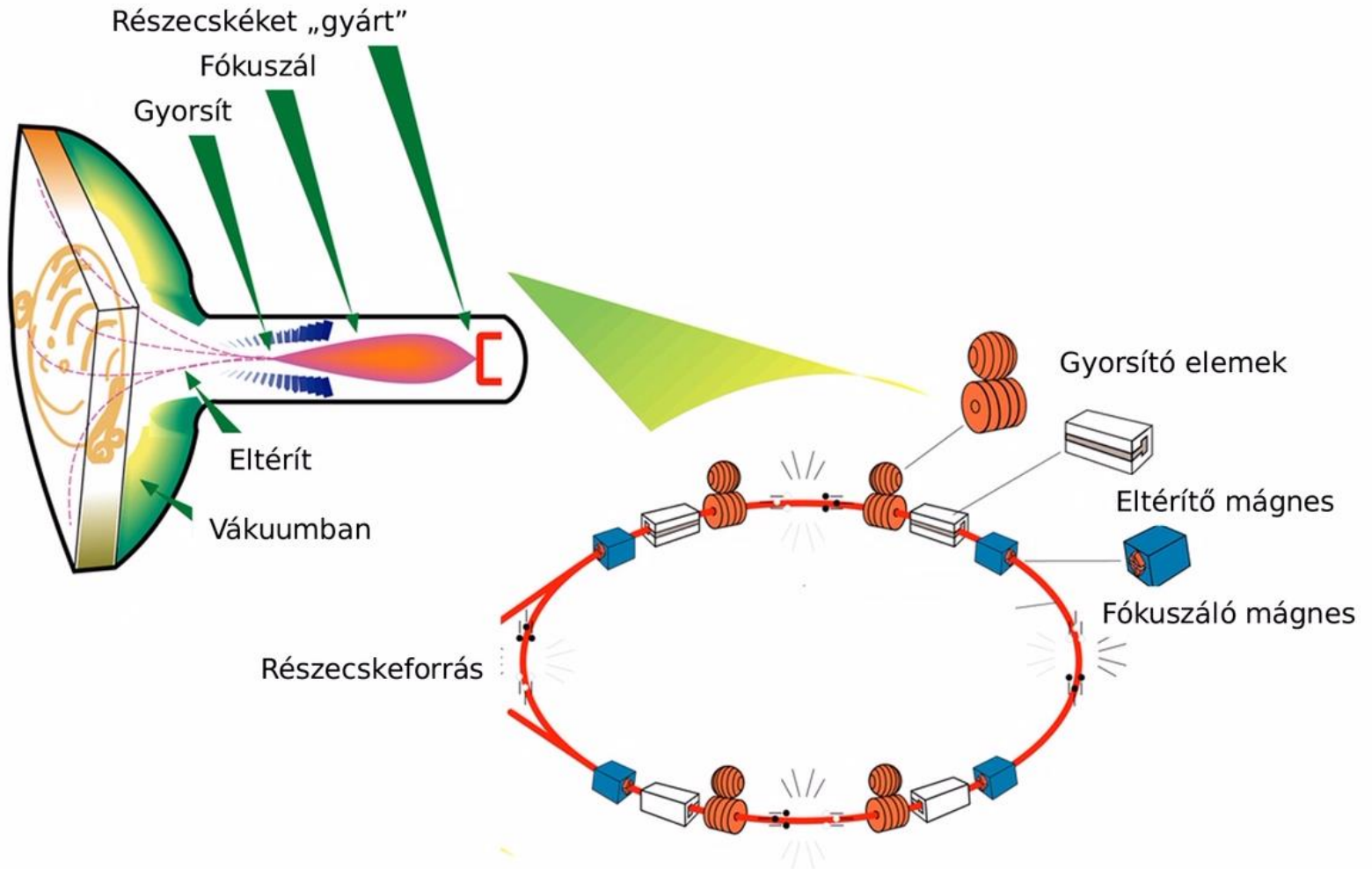


a liftben

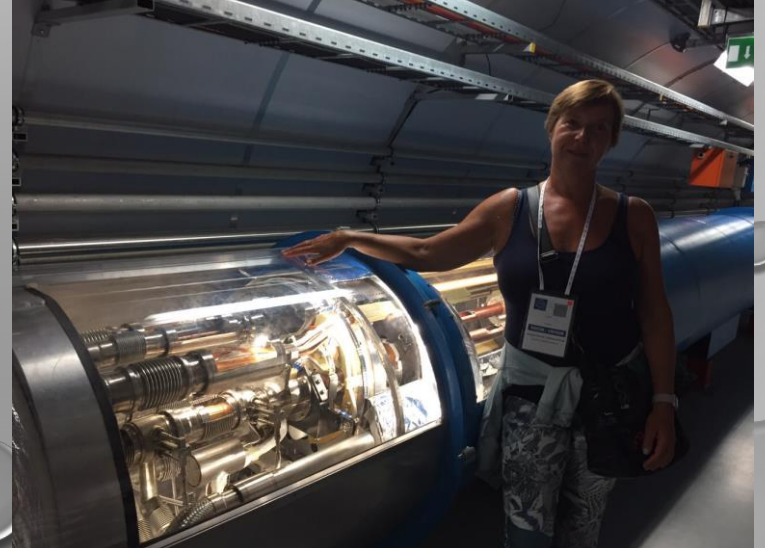
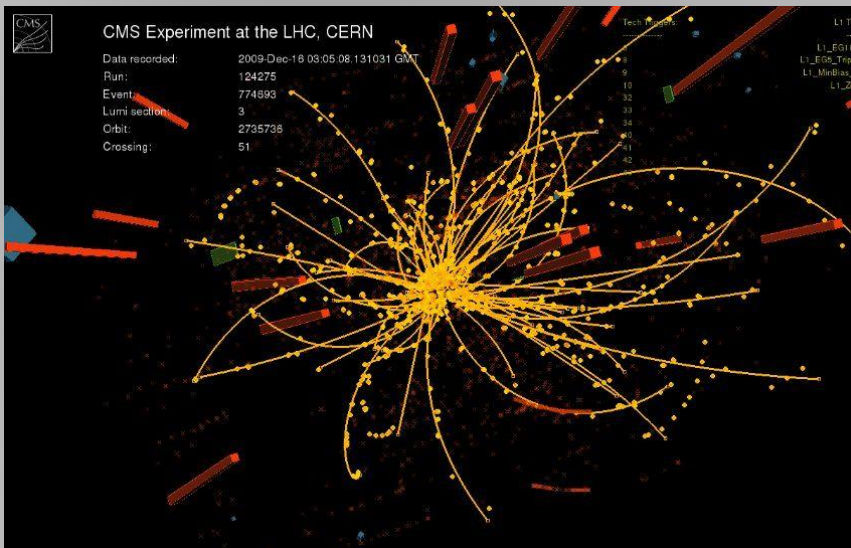
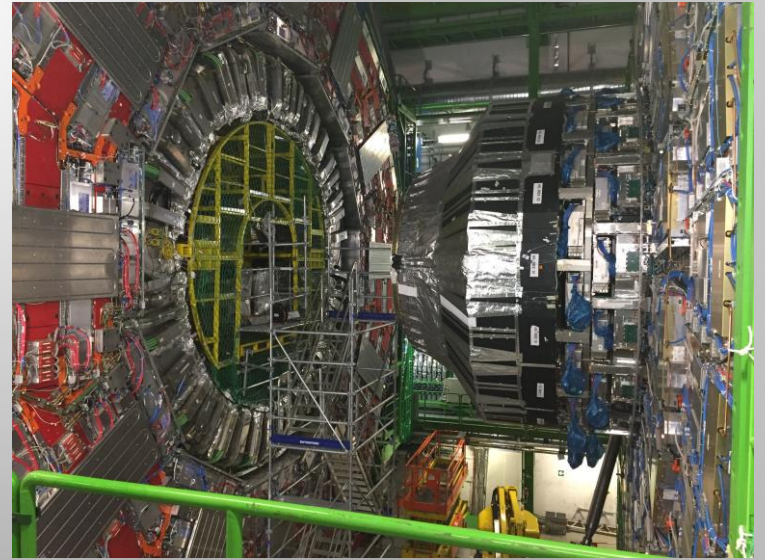


IGAZÁBÓL OTTHON IS VAN GYORSÍTÓTOK...(???)

a hagyományos televíziós készülék!

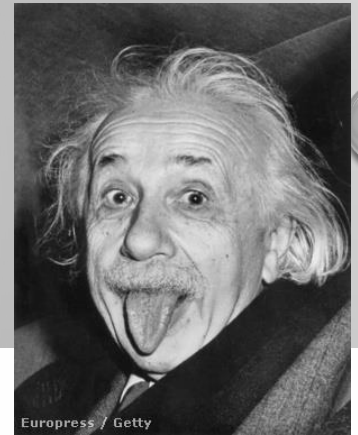


LHC = LARGE HADRON COLLIDER



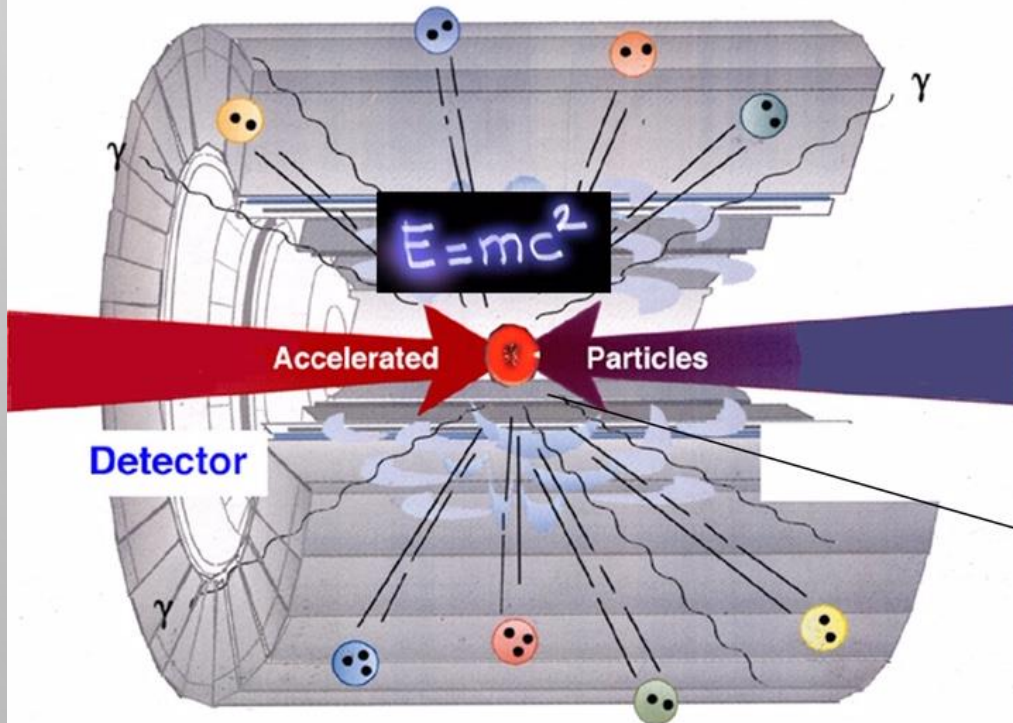
RÉSZECSKÉKET „GYÁRTUNK”

Nagyenergiás fizika?



!!! $[E]=eV$

14 TeV



1) Energiakonzentráció a részecskéken (**gyorsító**)

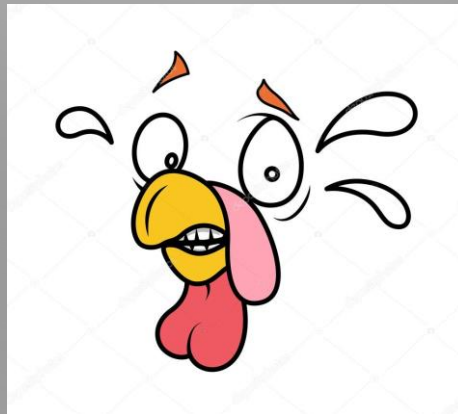
2) Részecskék **ütköztetése** (ősrobbanás-közeli állapot előidézése)

3) Létrehozott részecskék azonosítása a **detektorban** (új fizikára mutató jelek keresése)

DE MIÉRT NAGY **HADRON**ÜTKÖZTETŐ?

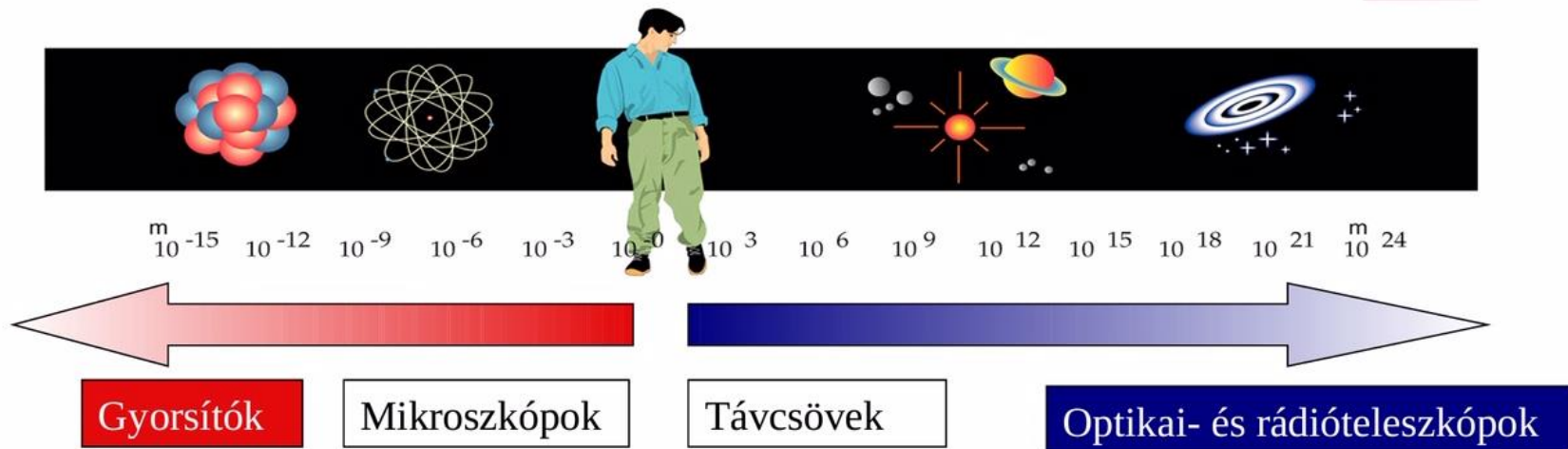


EHHEZ MUSZÁJ TUDNI VALAMIT
RÉSZECSKEFIZIKÁBÓL!!!



MIKRO- ÉS MAKROVILÁG

A részecskefizika az anyag legmélyebb szerkezetét vizsgálja



Nagyobb energia → rövidebb hullámhossz → kisebb távolság
→ mélyebb szerkezet

TALÁN MÁR TALÁLKOZTÁL IS VELE!

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.	12. Néhány gondolat a részecskefizikáról (kiegészítő anyag) 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

Ismeretek:

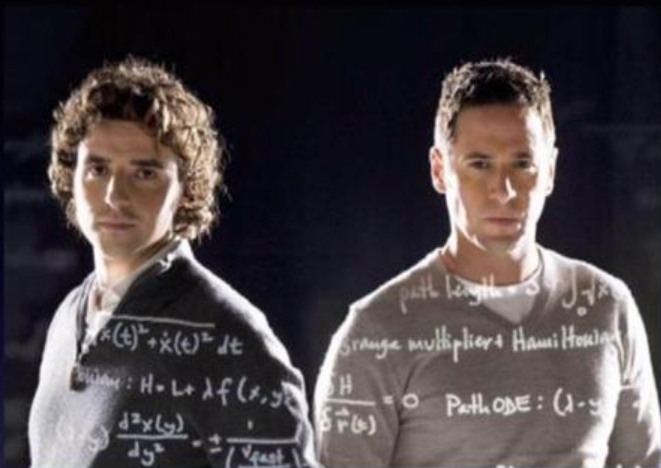
Építőkövek: proton, neutron, kvark. A tömeghiány fogalma. Az atommagon belüli kölcsönhatások.

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

Problémák, jelenségek, gyakorlati alkalmazások, ismeretek	Követelmények	Kapcsolódási pontok
<i>Az atommag alkotórészei, tömegszám, rendszám, neutronsám.</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

AZT ÍGÉRTED JÁTSZANI FOGUNK!



**ÉS A STANDARD MODELL ÁLLATKERTJE
HOL VAN?**



SZERETNÉL PLÜSSÖKKEL JÁTSZANI?



PROTON



BOZON

HADRON



NEUTRON

ELEKTRON



POZITRON



LEPTON

MEZON



ANTINEUTRINO

BARION


















NEUTRINO



ParticleZoo



TESSÉK...AZ ÁLLATKERT!

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

AZ SM „PERIÓDUSOS RENDSZERE”

Az anyagi részecskék három családja (fermionok)

2012.

	I	II	III	
tömeg →	$2,3 \text{ MeV}/c^2$	$1,27 \text{ GeV}/c^2$	$173 \text{ GeV}/c^2$	0
töltés →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
név →	u u-kvark	c c-kvark	t t-kvark	γ foton
				$125 \text{ GeV}/c^2$
				0
				0
				0
				H Higgs-bozon
Kvarkok	$4,8 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ d d-kvark	$95 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ s s-kvark	$4,2 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ b b-kvark	0 0 1 g gluon
	$<2,2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_e elektron-neutrínó	$<0,17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ müon-neutrínó	$<15,5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ tau-neutrínó	0 1 Z^0 Z-bozon
Leptonok	$0,511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ e elektron	$105,7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ μ müon	$1,777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$ τ tau	$80,4 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W^\pm W-bozon

Bozonok (kölcsonhatások)



DE HA MENŐZNI AKARSZ 😊

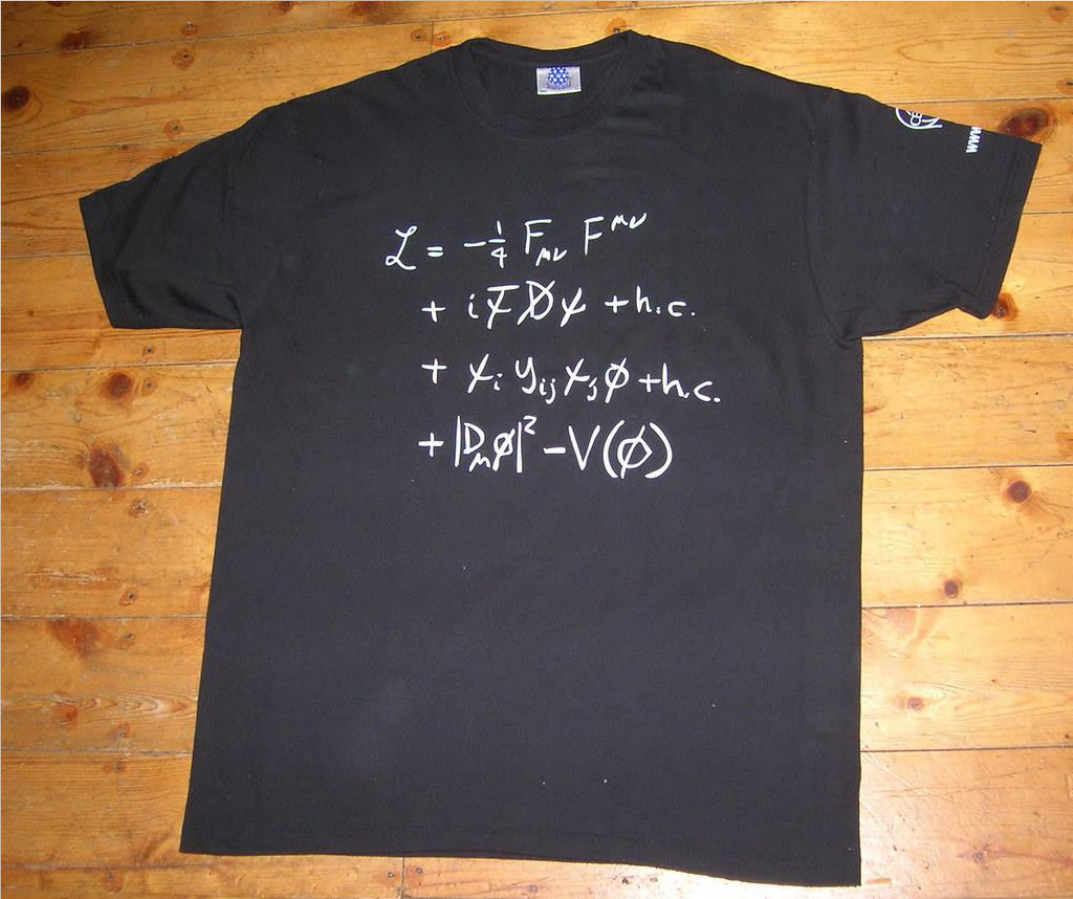
$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi}\not{D}\psi + \text{h.c.} \\ & + \chi_i y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

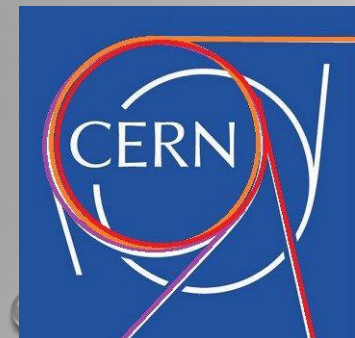
Erők

Kölcsönhatás, kinetikus tag

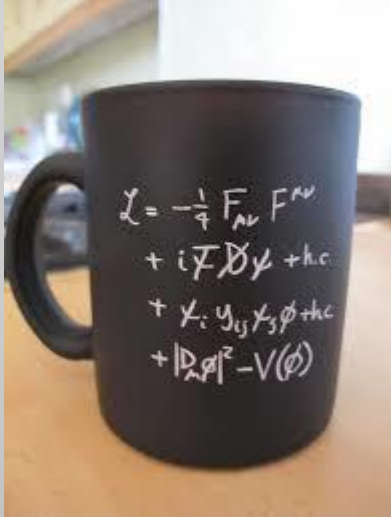
Tömegtag

Szimmetriasértés


$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi}\not{D}\psi + \text{h.c.} \\ & + \chi_i y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$



EHHEZ MIT SZÓLNÁTOK?

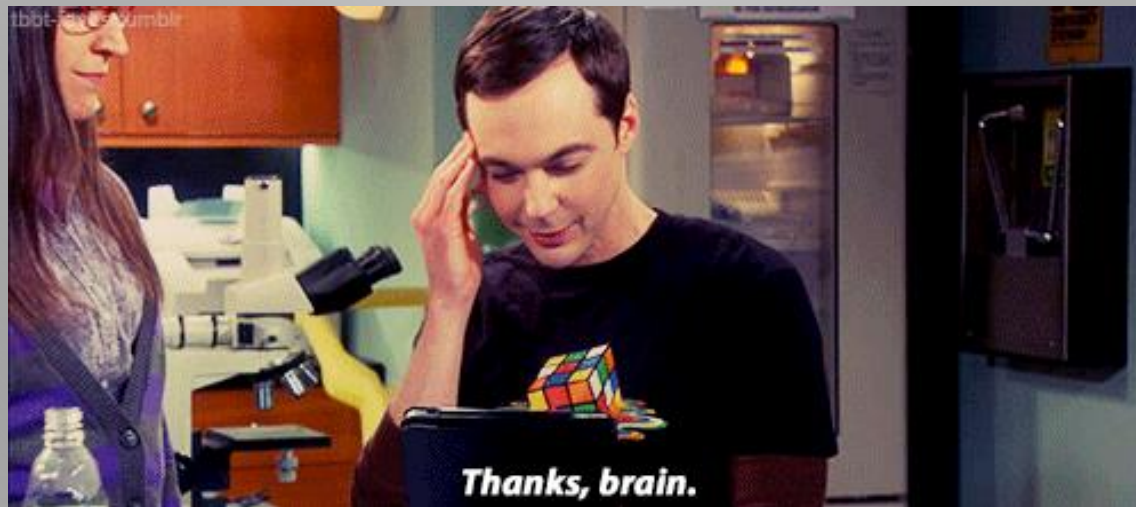


$$\begin{aligned}
 \mathcal{L}_{SM} = & -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc} \partial_\mu g_\nu^a g_\mu^b g_\nu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
 & M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w^2} M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - ig_{c_w} (\partial_\nu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - \\
 & W_\nu^+ W_\mu^-) - Z_\nu^0 (W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\nu W_\mu^+) + Z_\nu^0 (W_\nu^+ \partial_\mu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\nu W_\nu^+)) - \\
 & ig_{s_w} (\partial_\nu A_\mu (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - A_\nu (W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\nu W_\mu^+) + A_\mu (W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
 & W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)) - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- W_\nu^+ W_\nu^- + \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\mu^- W_\nu^+ + g^2 c_w^2 (Z_\mu^0 W_\mu^+ Z_\nu^0 W_\nu^- - \\
 & Z_\mu^0 Z_\nu^0 W_\nu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w^2 (A_\mu W_\mu^+ A_\nu W_\nu^- - A_\mu A_\nu W_\mu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w c_w (A_\mu Z_\nu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - \\
 & W_\nu^+ W_\mu^-) - 2A_\mu Z_\nu^0 W_\nu^+ W_\nu^-) - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\mu H - 2M^2 \alpha_h H^2 - \partial_\mu \phi^+ \partial_\mu \phi^- - \frac{1}{2}\partial_\mu \phi^0 \partial_\mu \phi^0 - \\
 & \beta_h \left(\frac{2M^2}{g^2} + \frac{2M}{g} H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^0 \phi^0 + 2\phi^+ \phi^-) \right) + \frac{2M^4}{g^2} \alpha_h - \\
 & g \alpha_h M (H^3 + H \phi^0 \phi^0 + 2H \phi^+ \phi^-) - \\
 & \frac{1}{8}g^2 \alpha_h (H^4 + (\phi^0)^4 + 4(\phi^+ \phi^-)^2 + 4(\phi^0)^2 \phi^+ \phi^- + 4H^2 \phi^+ \phi^- + 2(\phi^0)^2 H^2) - \\
 & g M W_\mu^+ W_\mu^- H - \frac{1}{2}g \frac{M}{c_w^2} Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \\
 & \frac{1}{2}ig (W_\mu^+ (\phi^0 \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^0) - W_\mu^- (\phi^0 \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu \phi^0)) + \\
 & \frac{1}{2}g (W_\mu^+ (H \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu H) + W_\mu^- (H \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu H)) + \frac{1}{2}g \frac{1}{c_w} (Z_\mu^0 (H \partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) + \\
 & M (\frac{1}{c_w} Z_\mu^0 \partial_\mu \phi^0 + W_\mu^+ \partial_\mu \phi^- + W_\mu^- \partial_\mu \phi^+) - ig \frac{s_w}{c_w} M Z_\mu^0 (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + ig s_w M A_\mu (W_\mu^+ \phi^- - \\
 & W_\mu^- \phi^+) - ig \frac{1-2c_w^2}{2c_w} Z_\mu^0 (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + ig s_w A_\mu (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \\
 & \frac{1}{4}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- (H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+ \phi^-) - \frac{1}{8}g^2 \frac{1}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 (H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2 \phi^+ \phi^-) - \\
 & \frac{1}{2}g^2 \frac{s_w}{c_w} Z_\mu^0 \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + W_\mu^- \phi^+) - \frac{1}{2}ig^2 \frac{s_w}{c_w} Z_\mu^0 H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + \\
 & W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - g^2 \frac{s_w}{c_w} (2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^+ \phi^- - \\
 & g^2 s_w^2 A_\mu A_\nu \phi^+ \phi^- + \frac{1}{2}ig_s \lambda_{ij}^a (g_i^c \gamma^\mu g_j^c) g_\mu^a - \bar{e}^\lambda (\gamma^\mu + m_e^\lambda) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda (\gamma^\mu + m_\nu^\lambda) \nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda (\gamma^\mu + \\
 & m_u^\lambda) u_j^\lambda - \bar{d}_j^\lambda (\gamma^\mu + m_d^\lambda) d_j^\lambda + ig_s A_\mu (-\bar{e}^\lambda \gamma^\mu e^\lambda) + \frac{2}{3}(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu u_j^\lambda) - \frac{1}{3}(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu d_j^\lambda) + \\
 & \frac{ig}{4c_w} Z_\mu^0 \{(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu (\frac{4}{3}s_w^2 - 1 - \gamma^5) d_j^\lambda) + \\
 & (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 - \frac{8}{3}s_w^2 + \gamma^5) u_j^\lambda)\} + \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ ((\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) U^{lep}{}_{\lambda\kappa} e^\kappa) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) C_{\lambda\kappa} d_j^\kappa)) + \\
 & \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^- ((\bar{e}^\kappa U^{lep}{}_{\kappa\lambda} \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{d}_j^\kappa C_{\kappa\lambda}^\dagger \gamma^\mu (1 + \gamma^5) u_j^\lambda)) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^+ (-m_e^\lambda (\bar{\nu}^\lambda U^{lep}{}_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) e^\kappa) + m_\nu^\lambda (\bar{\nu}^\lambda U^{lep}{}_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) e^\kappa) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^- (m_e^\lambda (\bar{e}^\lambda U^{lep}{}_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) \nu^\kappa) - m_\nu^\lambda (\bar{e}^\lambda U^{lep}{}_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) \nu^\kappa) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda}{M} H (\bar{\nu}^\lambda \nu^\lambda) - \\
 & \frac{g}{2} \frac{m_\lambda}{M} H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda}{M} \phi^0 (\bar{\nu}^\lambda \gamma^5 \nu^\lambda) - \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda}{M} \phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda) - \frac{1}{4} \bar{\nu}_\lambda M_{\lambda\kappa}^R (1 - \gamma_5) \hat{\nu}_\kappa - \\
 & \frac{1}{4} \bar{\nu}_\lambda M_{\lambda\kappa}^R (1 - \gamma_5) \hat{\nu}_\kappa + \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^+ (-m_d^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) d_j^\kappa) + m_u^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) d_j^\kappa) + \\
 & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^- (m_d^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1 + \gamma^5) u_j^\kappa) - m_u^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1 - \gamma^5) u_j^\kappa) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda}{M} H (\bar{u}_j^\lambda u_j^\lambda) - \\
 & \frac{g}{2} \frac{m_\lambda}{M} H (\bar{d}_j^\lambda d_j^\lambda) + \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda}{M} \phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda}{M} \phi^0 (\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda) + G^a \partial^2 G^a + g_s f^{abc} \partial_\mu G^a G^b G_\mu^c + \\
 & \bar{X}^+ (\partial^2 - M^2) X^+ + \bar{X}^- (\partial^2 - M^2) X^- + \bar{X}^0 (\partial^2 - \frac{M^2}{c_w^2}) X^0 + \bar{Y} \partial^2 Y + ig_{c_w} W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + ig_{s_w} W_\mu^+ (\partial_\mu \bar{Y} X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ Y) + ig_{c_w} W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + ig_{s_w} W_\mu^- (\partial_\mu \bar{X}^- Y - \partial_\mu \bar{Y} X^+) + ig_{c_w} Z_\mu^0 (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^- X^-) + ig_{s_w} A_\mu (\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \\
 & \partial_\mu \bar{X}^- X^-) - \frac{1}{2}gM (\bar{X}^+ X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w} \bar{X}^0 X^0 H) + \frac{1-2c_w^2}{2c_w} igM (\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-) + \\
 & \frac{1}{2c_w} igM (\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-) + igM s_w (\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-) + \\
 & \frac{1}{2}igM (\bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0) .
 \end{aligned}$$



BOCSI...MOST AKKOR ELKEZDÜNK TANULNI 😊

Legyél Te is részecskefizikus pár percre...
...vagy egy életen át!



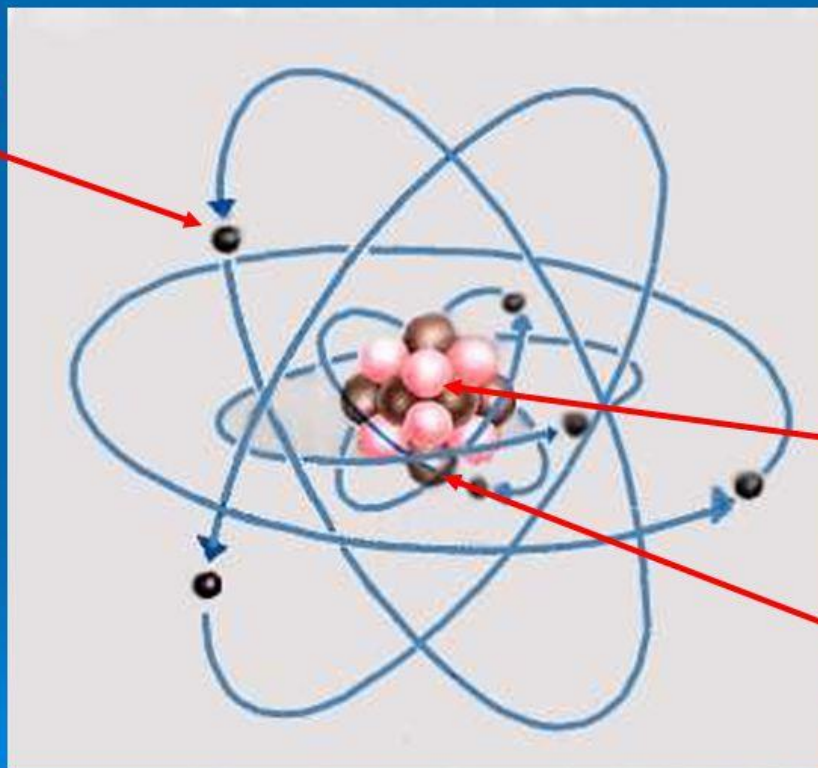
SZERINTETEK HOGY NÉZ KI EGY PROTON?



TÖBB „SEBBŐL VÉRZIK”

Atomszerkezet

elektron



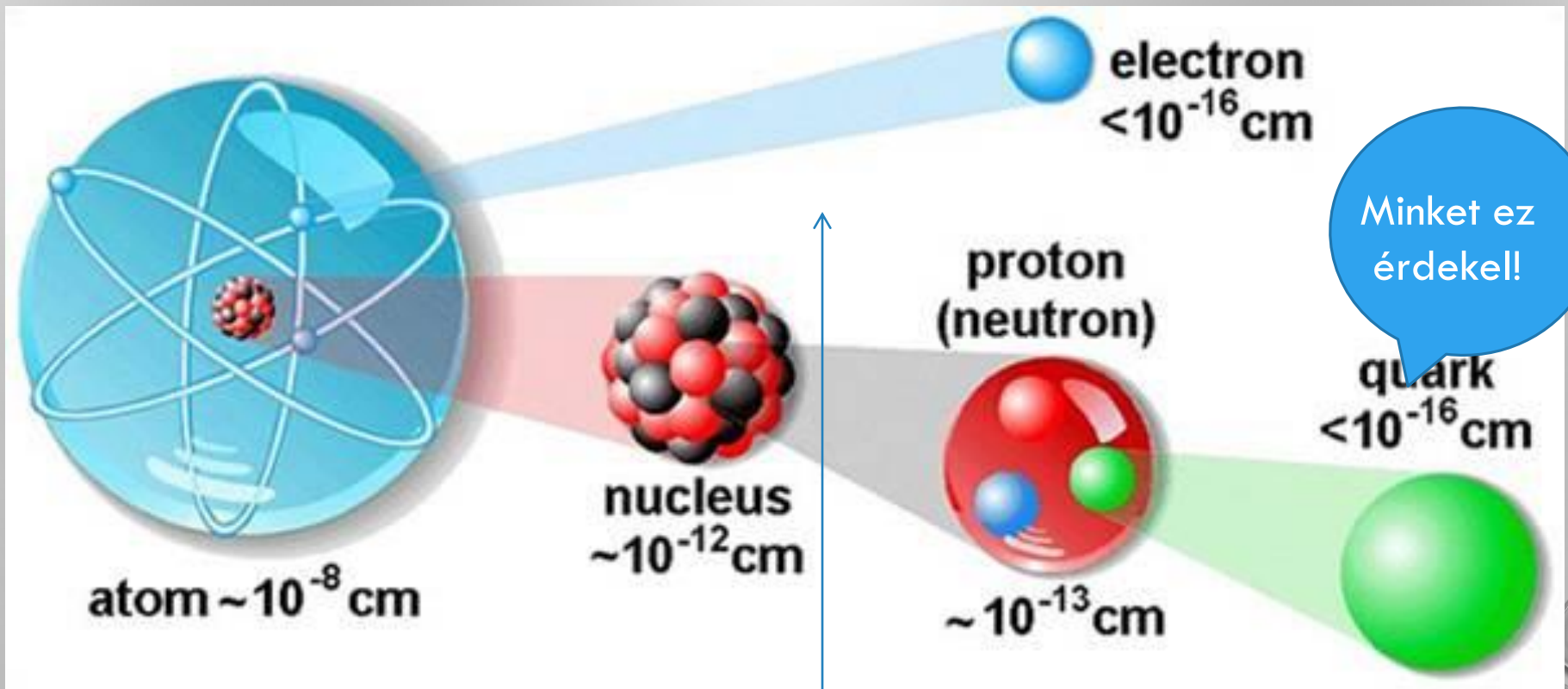
proton

neutron

STEP BY STEP...

Mit tanultunk a kémia órákon?

„A proton elemi részecske”



De csak a nukleonok szintjéig!

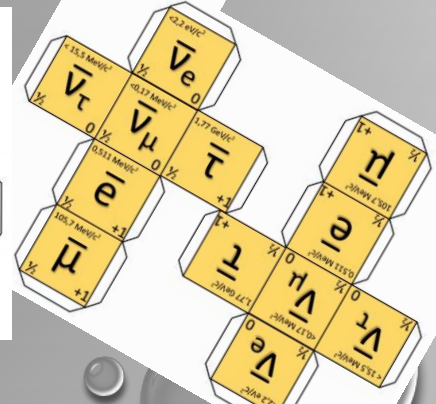
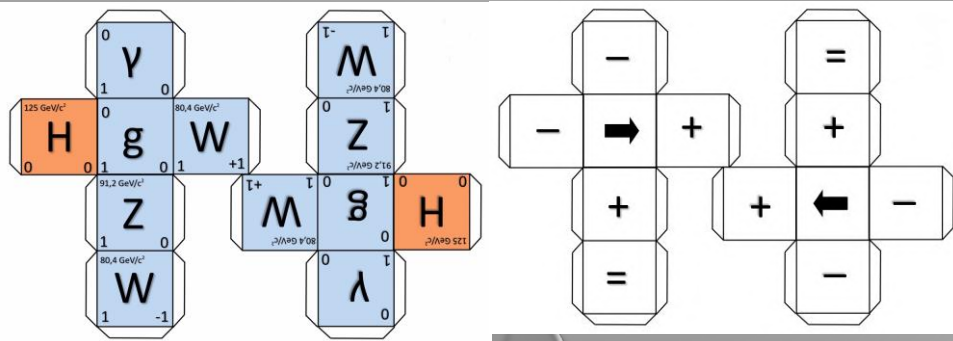
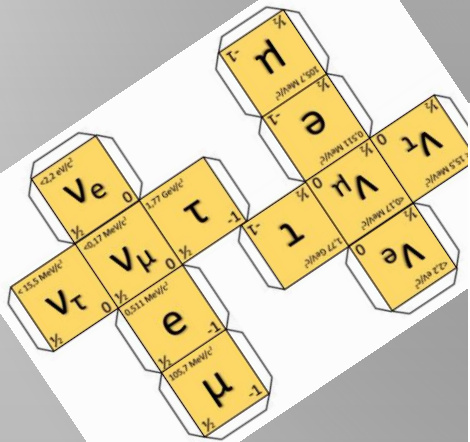
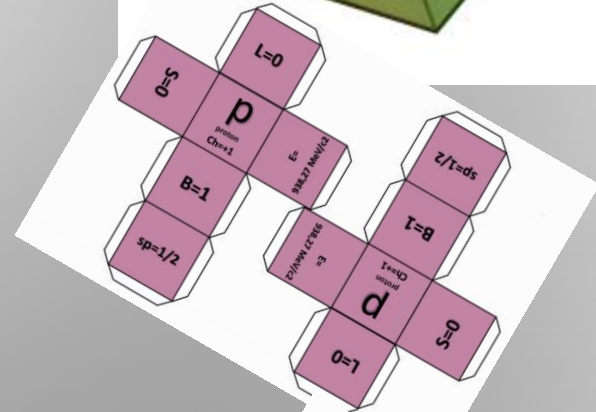
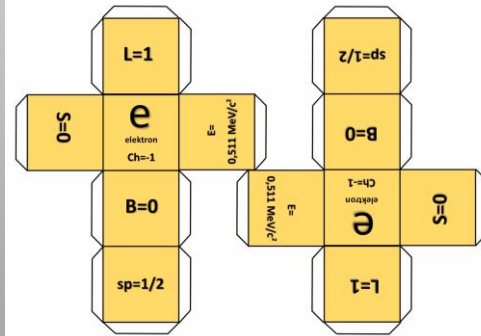
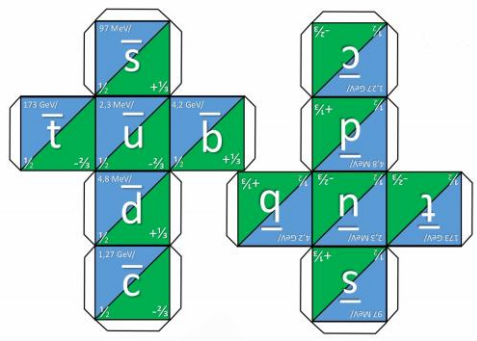
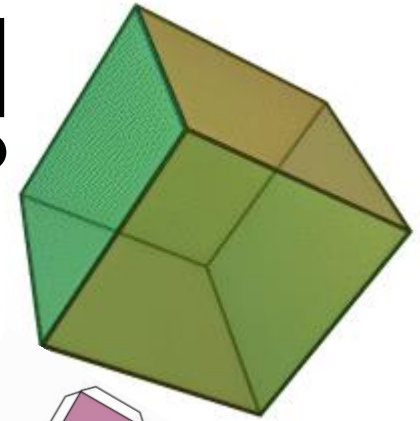
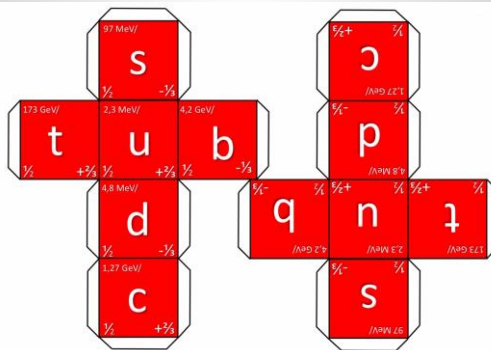
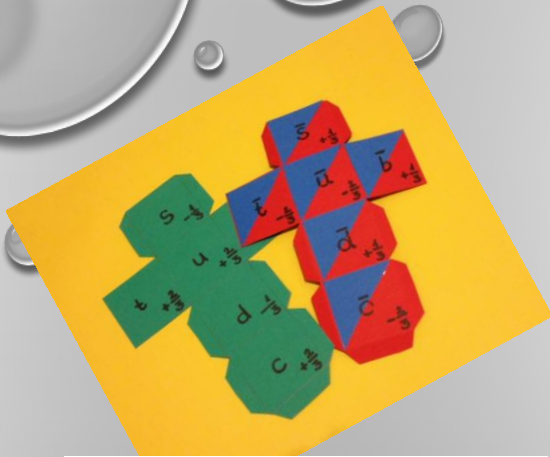
Ezt is több mint 60 éve ismerjük

DÉMOKRITOSZ FOROG A SÍRJÁBAN!



AZ ÖTLET

6!



ÉS AKKOR...HAJRÁ!!!



PROTOTÍPUSOK

2013



2016



2019

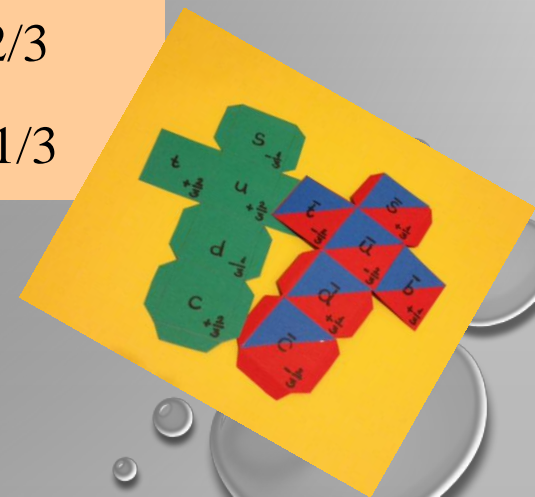


Kvarkokból összesen 6-féle van

$$m = E/c^2 \text{ (eV?)}$$

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...



AZ IGAZI „FAN”-OK



A kvarkokból álló részecskéket **HADRONOKNAK** nevezük és két nagy csoportra oszthatjuk őket

H
A
D
R
O
N
O
K

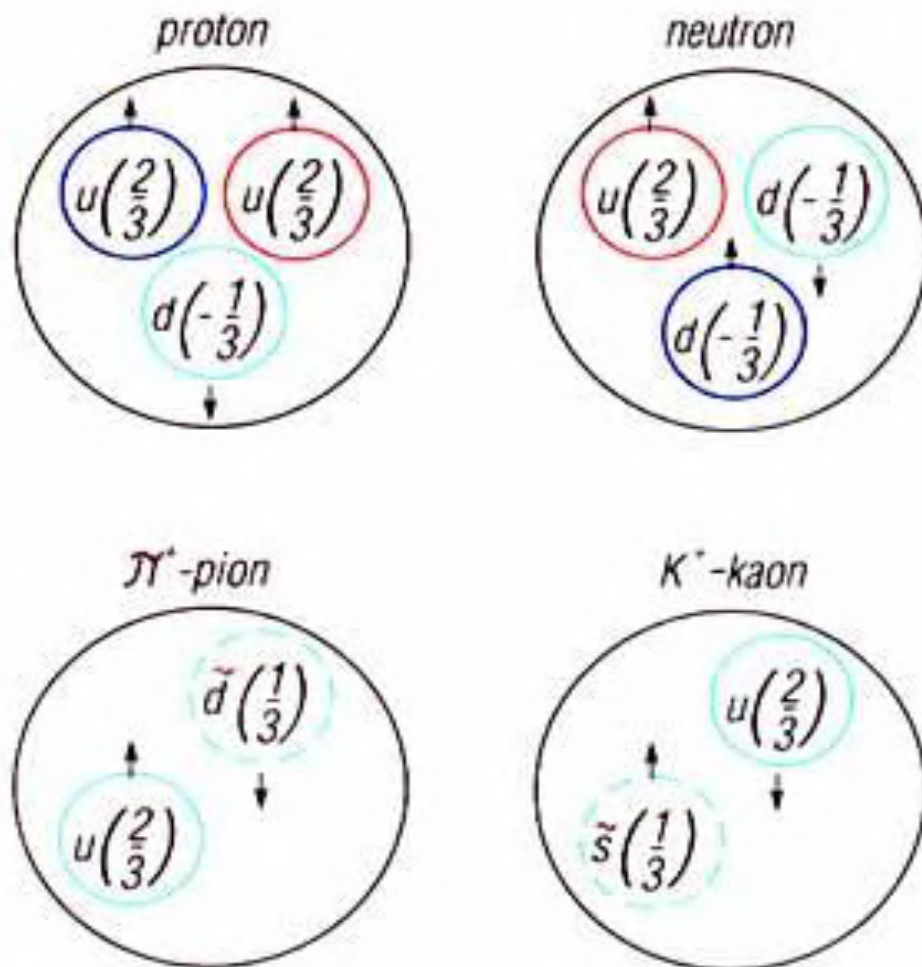
Barionok →

(3 kvarkból állnak)

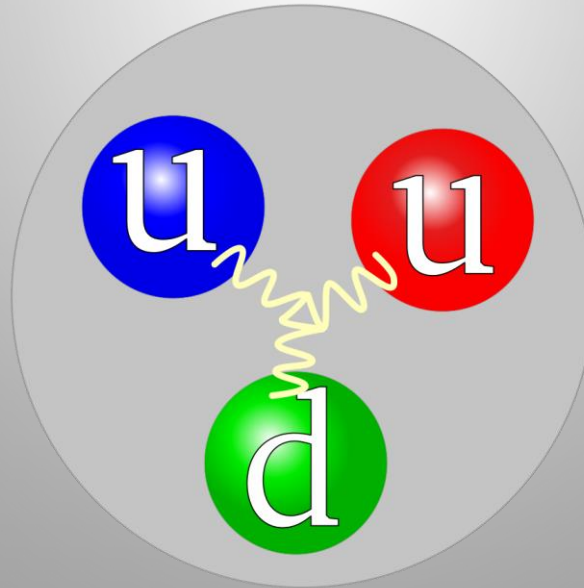
Mezonok →

?

(1 kvarkból és 1 antikvarkból állnak)



A PROTONT ALKOTÓ KVARKOK... VAGYIS...**BARION** → **HADRON** !!!!



p^+ : *proton*

Az elektromos töltése:

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

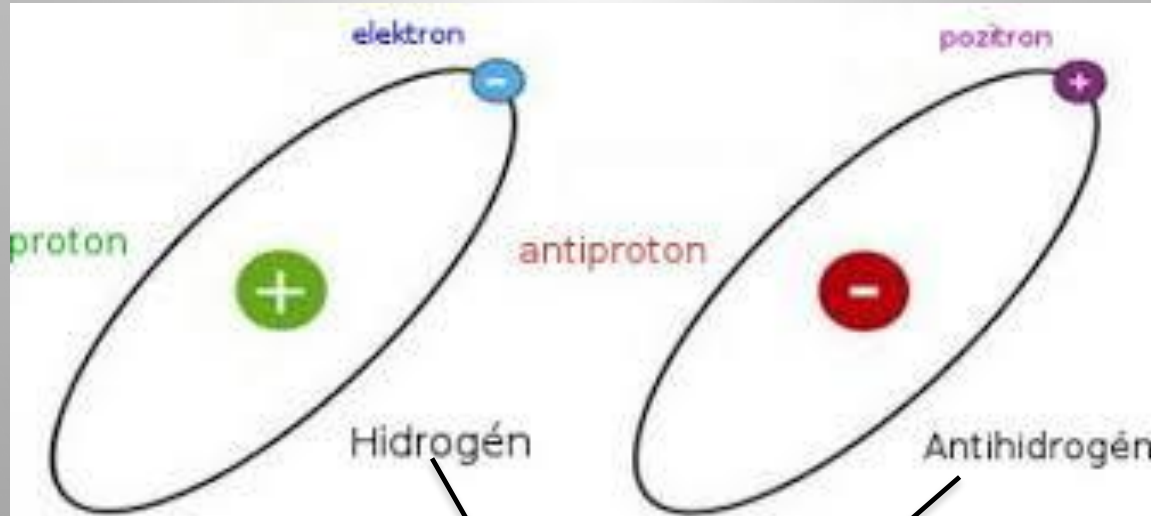
LHC = LARGE HADRON COLLIDER

HUHHHH...MOST MÁR ÉRTJÜK!

$$p^+ \rightarrow \leftarrow p^+$$



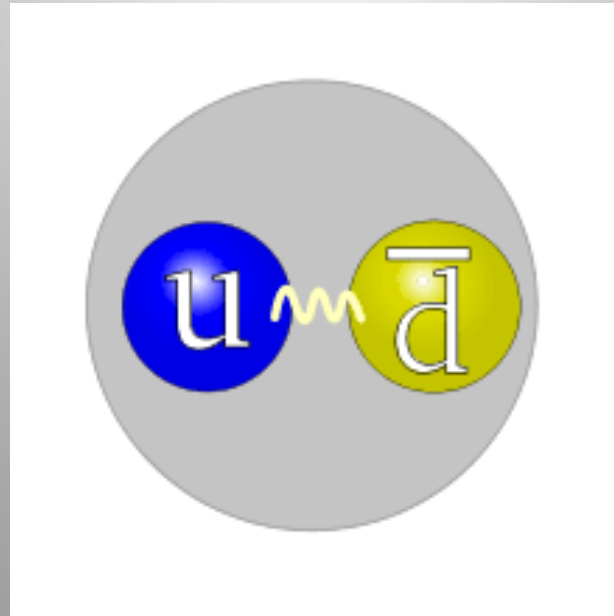
RÉSZECSCSKE - ANTIRÉSZECSCSKE



Csak az elektromos töltésükben különböznek

A PIONT TARTALMAZÓ

- KVARK – ANTIKVARK...**MEZON** → **HADRON** !!!

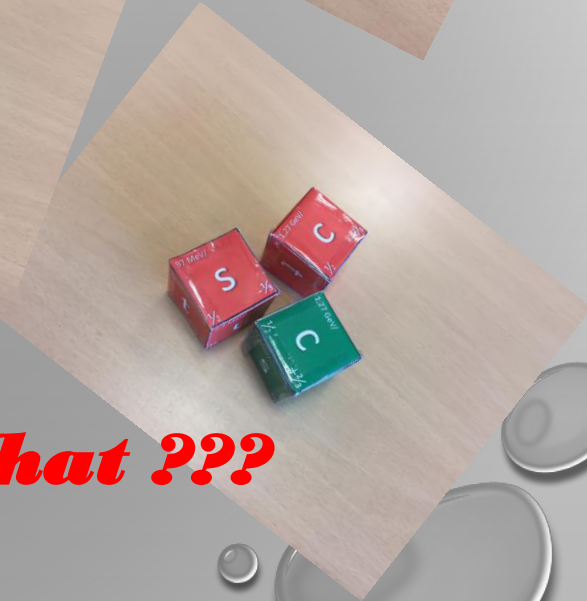
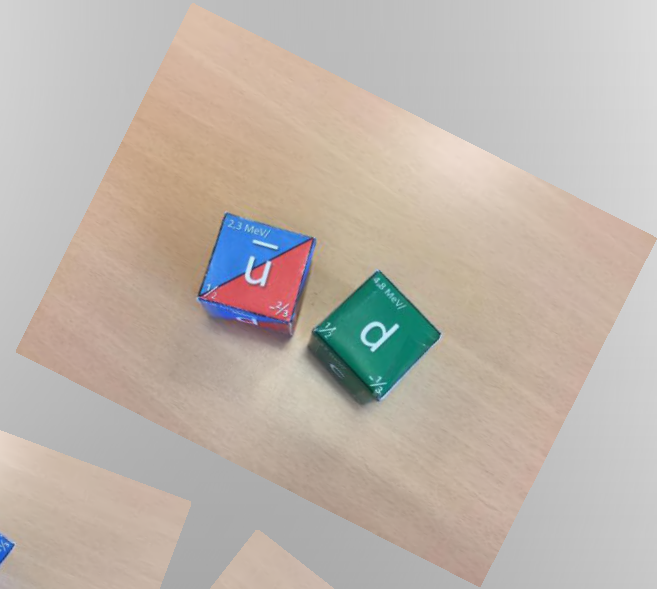
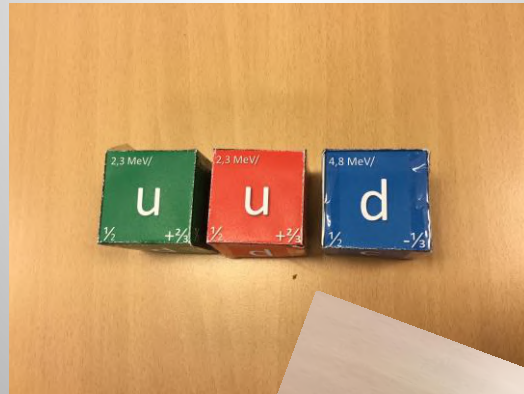


Π^+ : *pion*

Az elektromos töltése:

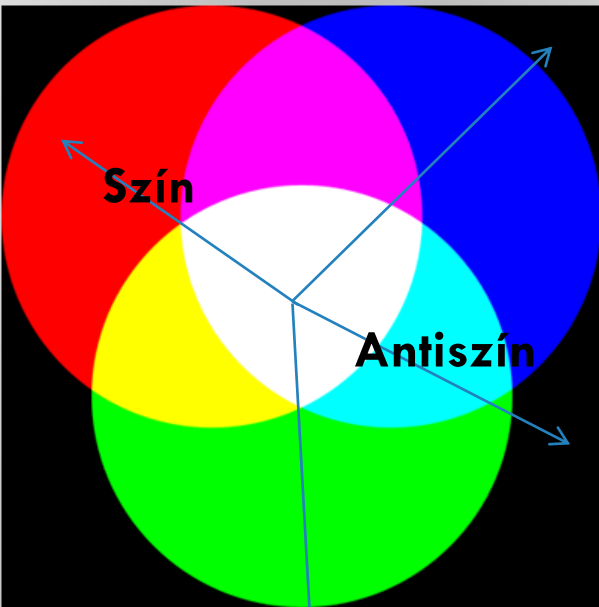
$$(+2/3) + (+1/3) = +1$$

DE ÍGY SOKKAL IZGALMASABB!



What ???

UPSZ...A SZÍNEK IS SZÁMÍTANAK!



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

Ezt kvantum színdinamikának (QCD)
nevezik

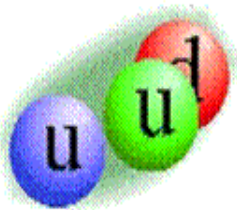
KOMPLEMENTER SZÍNEK



A természetben csak **fehér hadron** létezik,

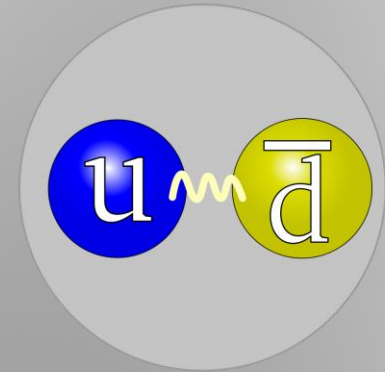
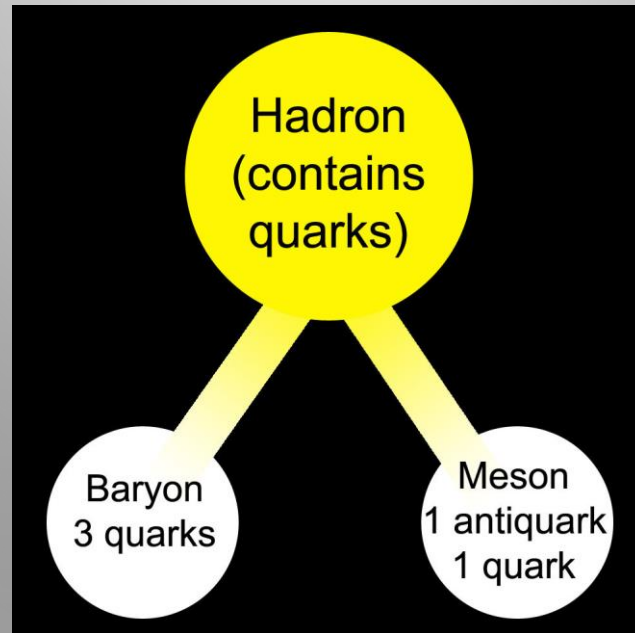
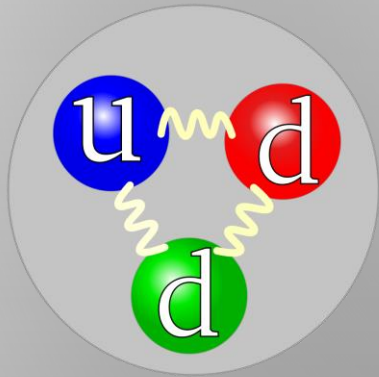
3 színt (RGB=red,green,blue) azonosan
tartalmaz, vagy

2 kvark esetén egy színt és egy antiszínt

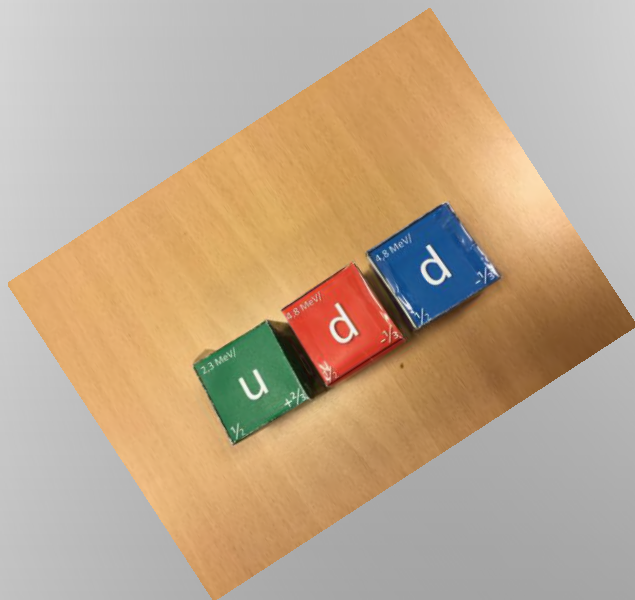


HADRONOK

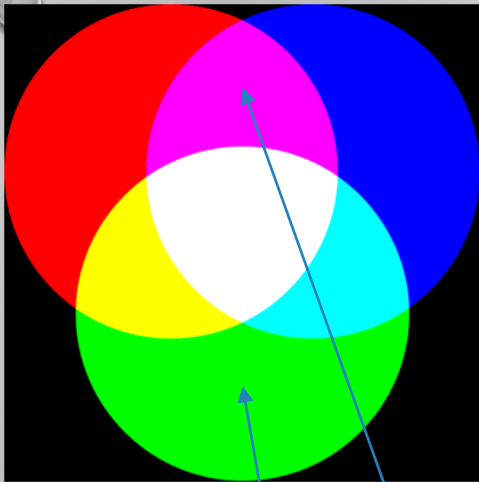
BARIONOK ÉS MEZONOK



GYAKOROLJUK ISMÉT KOCKÁKKAL... ...DE MOST MÁR A SZÍNEKRE IS FIGYELJÜNK!



HOVÁ TŰNT AZ ANTIANYAG ?



DE MI TARTJA ÖSSZE A RÉSZECSKÉKET?



A KÖLCSÖNHATÁSOK KÖZVETÍTŐ RÉSZECSKÉIT **BOZONOKNAK** HÍVJUK



<u>Kölcsönhatás</u>	<u>közvetítő</u>	<u>nyugalmi tömege</u>	<u>töltés</u>	<u>Mire hat?</u>	<u>hatótávolsá g (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

A NUKLEONOK ÉS A KVARKOK KÖZÖTT A **GLUONOK** HATNAK

<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

ŐK NEM FEHÉREK!!!!



Thanks HARIBO! 😊



ISMERŐS ÉS ISMERETLEN MEGMARADÁSI TÖRVÉNYEK

Ch:(charge): elektromos töltés

Sp: spin (impulzus momentum)

B: barionszám

L: leptonszám

E: energia/tömeg

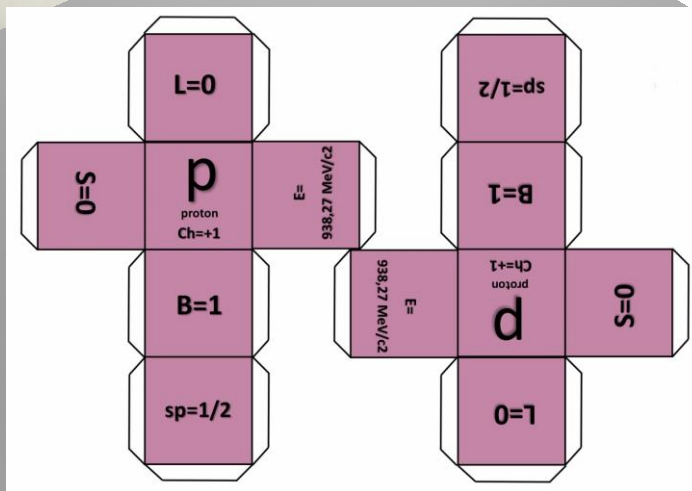
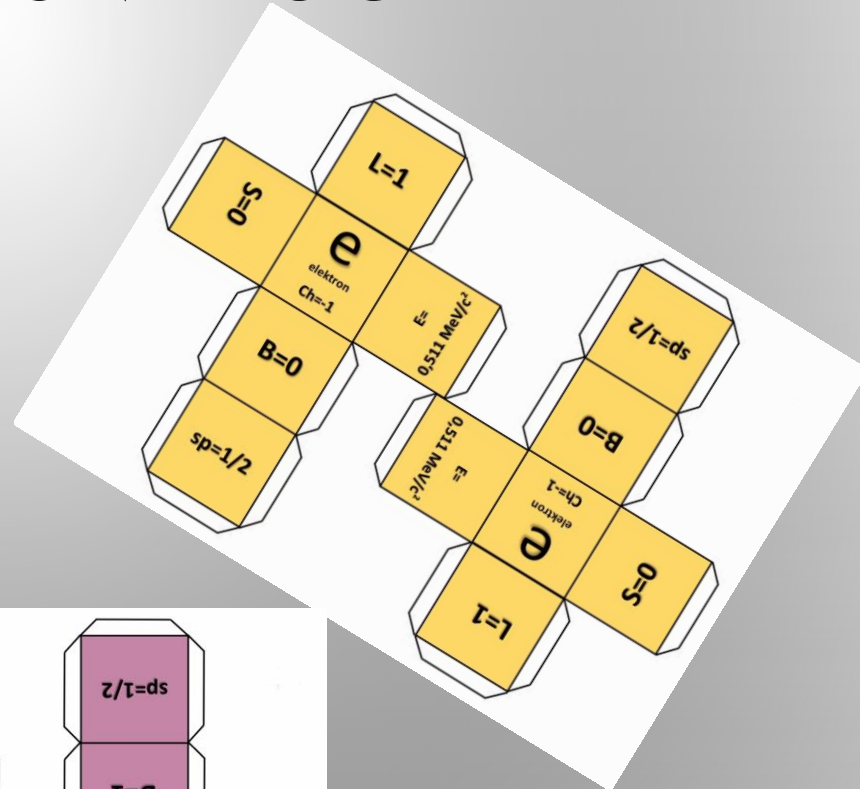
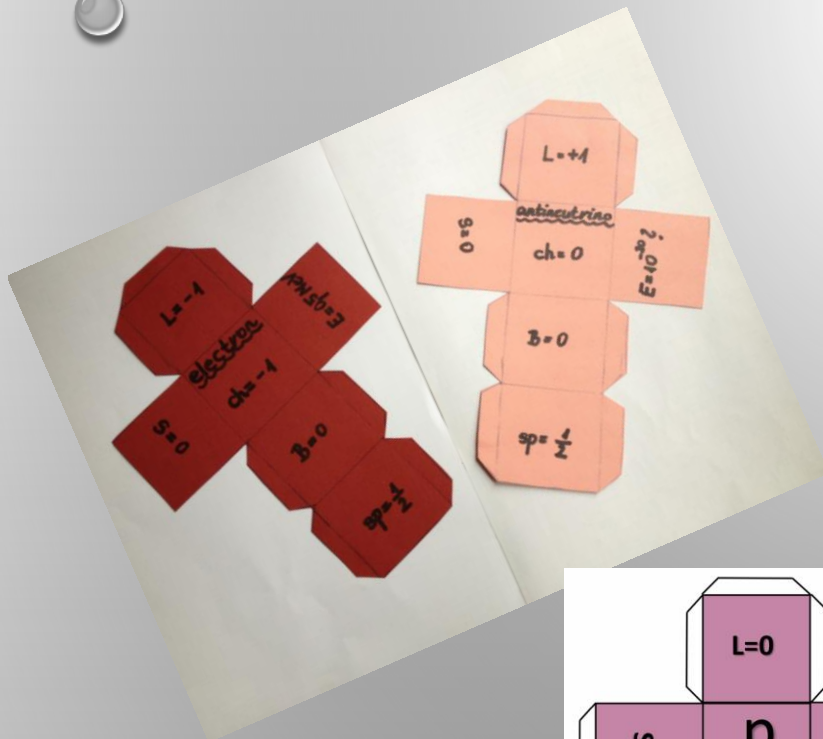
(**p:** impulzus)

Illetve, gyenge kölcsönhatásnál:

s : ritkaság

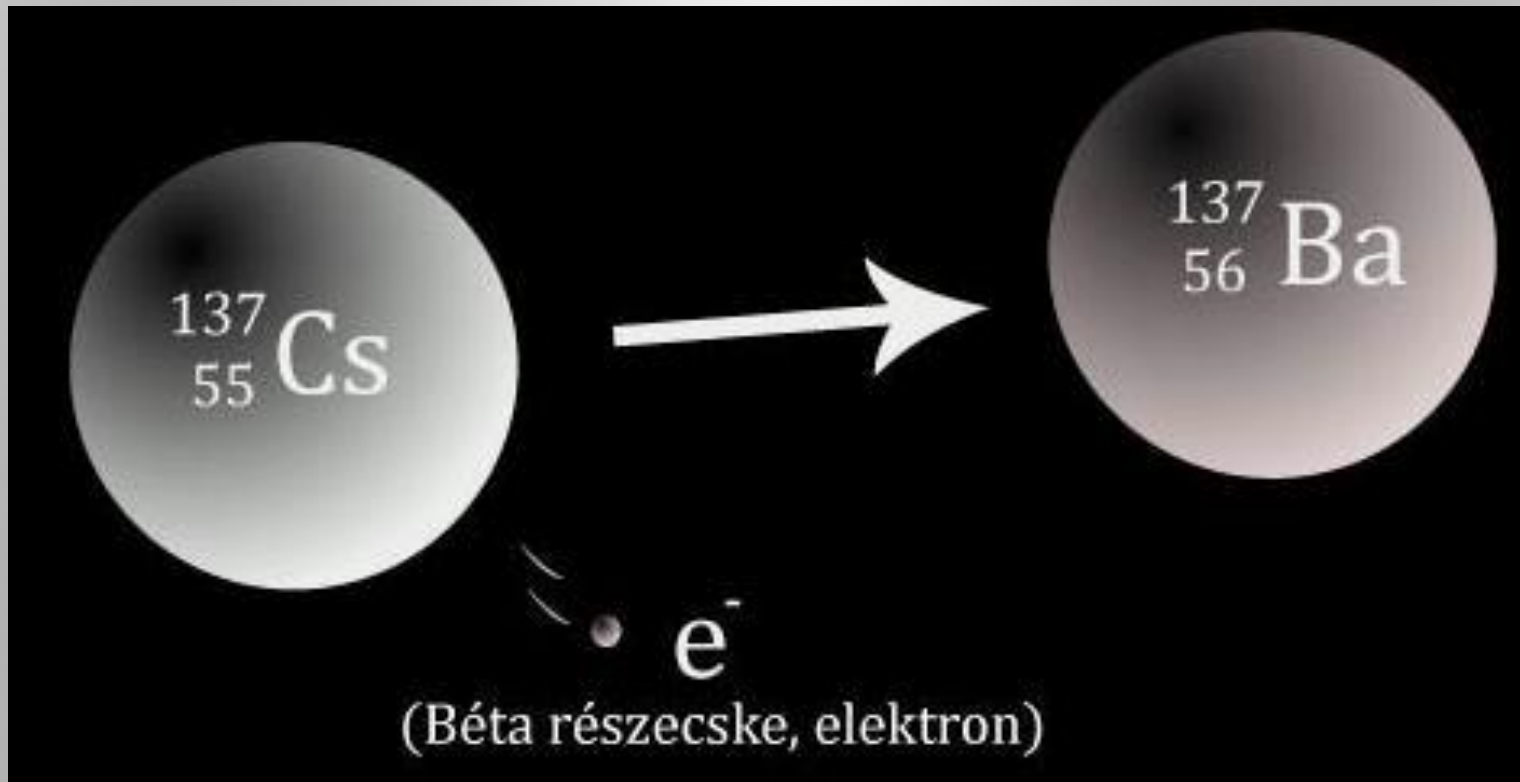
Huhhhh...ez is ráfér a kockára

EHHEZ IS GYÁRTSUNK KOCKÁKAT!

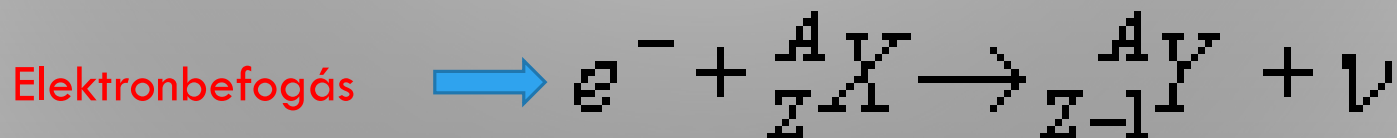
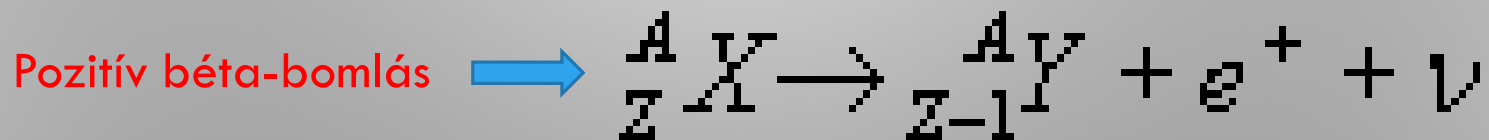
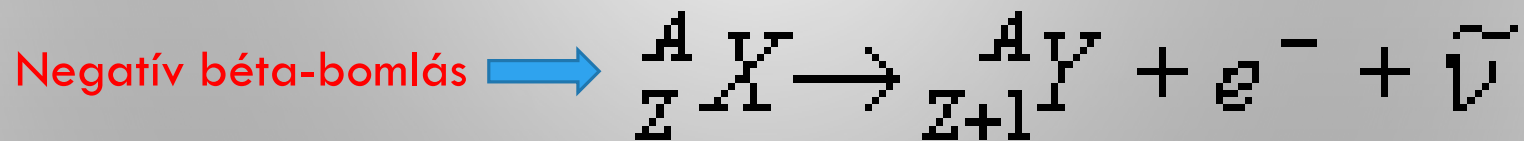


Részecsekockák 3D-ben

A BÉTA-BOMLÁSÉRT FELELŐS GYENGE KÖLCSÖNHATÁS



SEGÍT A FÜGGVÉNYTÁBLA?



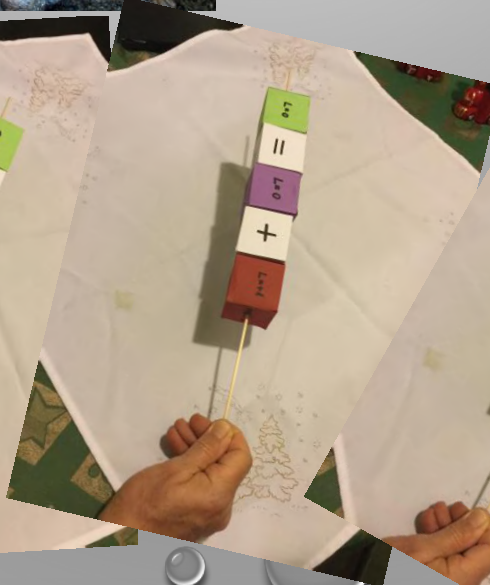
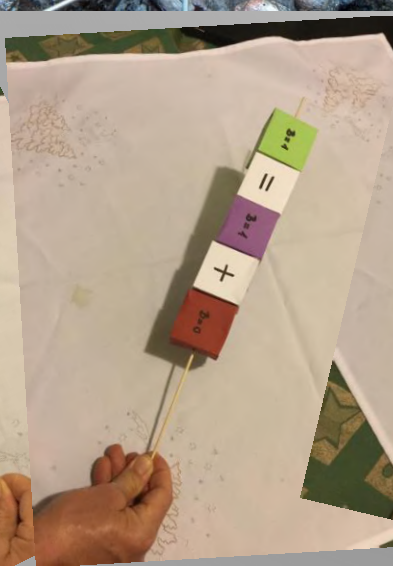
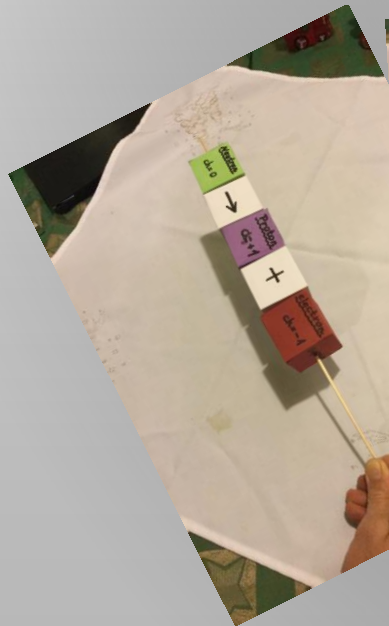
HÍVJUK SEGÍTSÉGÜL MEGINT A KOCKÁKAT!

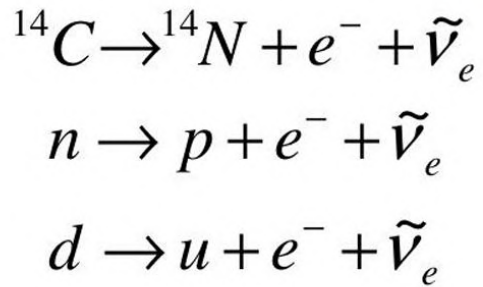
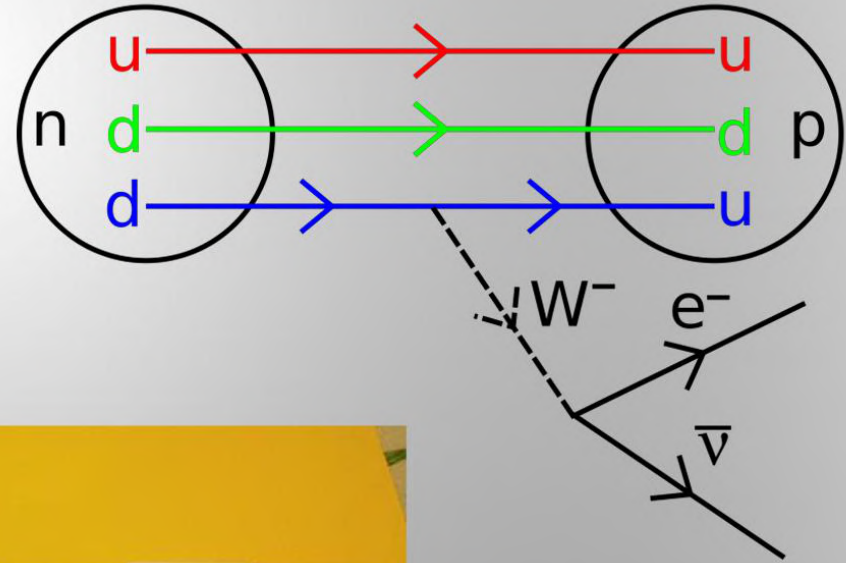
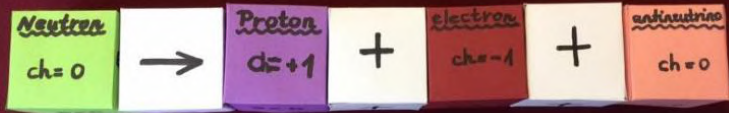


SAJNA ITT IS VANNAK „SZABÁLYOK”

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

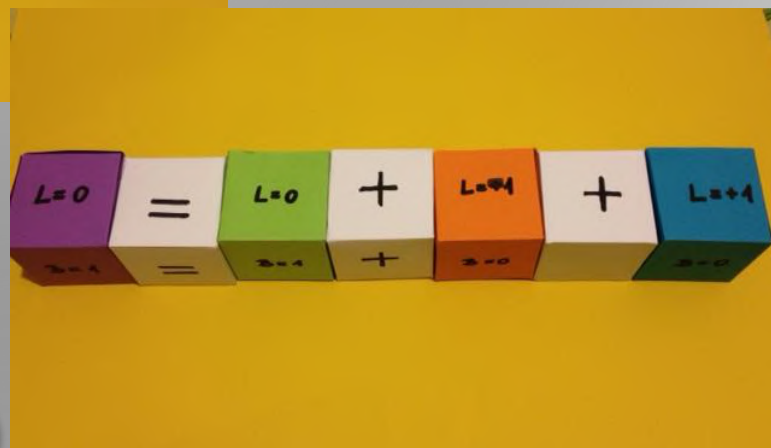
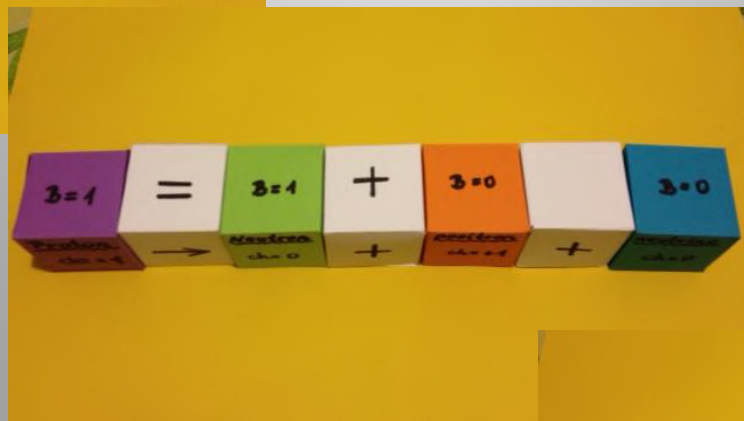
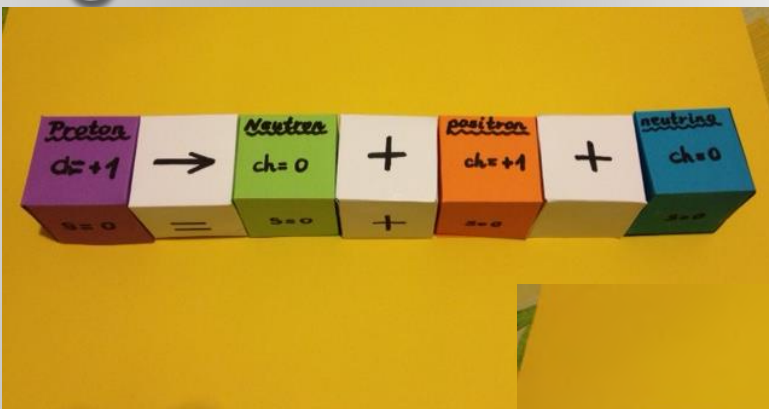
BÉTA-NYÁRS



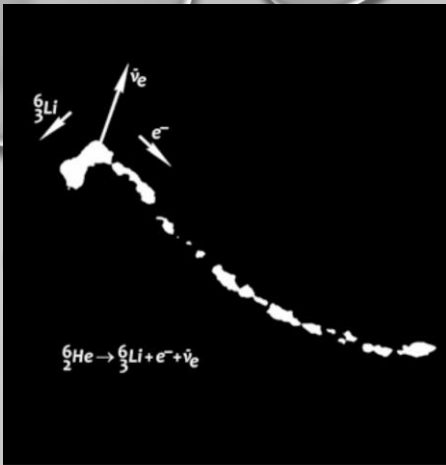


atommag-szint
 nukleon-szint
 kvark-szint

UGYANEZ A PROTON BOMLÁSÁNÁL

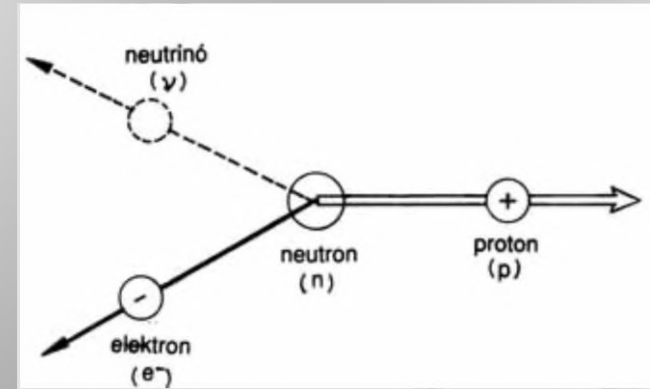


EGY IGEN ÉRDEKES TÉMA: A NEUTRÍNÓK, AVAGY A „SZELLEMRÉSZECSKÉK”



1. ábra • Csikai Gyula felvétele
a ${}^6\text{Li}$ atommag béta-bomlásáról.

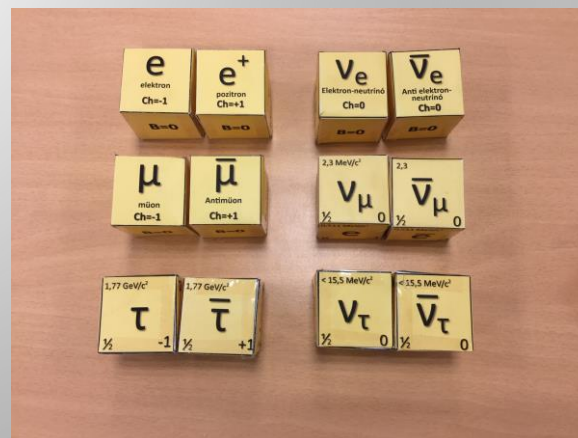
Az elektroyenge kölcsönhatás csak a balkezes
részecskékre hat



(Jobbkezes neutrínókra csak a
gravitáció hat (steril neutrínók))



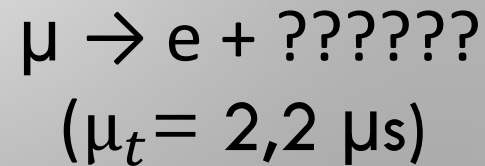
EZEKHEZ IS VANNAK KOCKÁIM 😊



FOKOZHATJUK AZ ÉLVEZETEKET! MIT IS LÁTUNK A KÖDKAMRÁBAN?

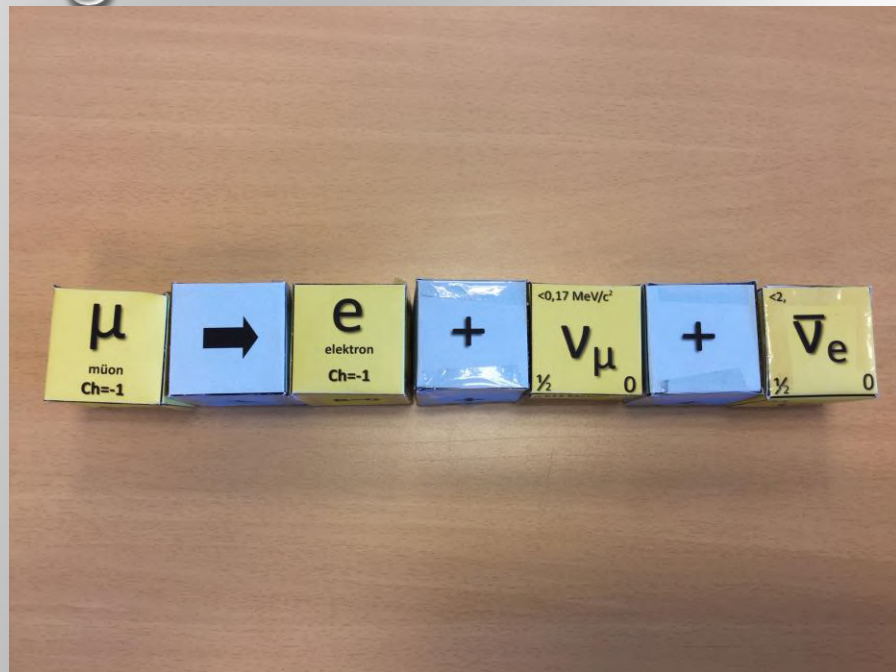


A müon bomlása:

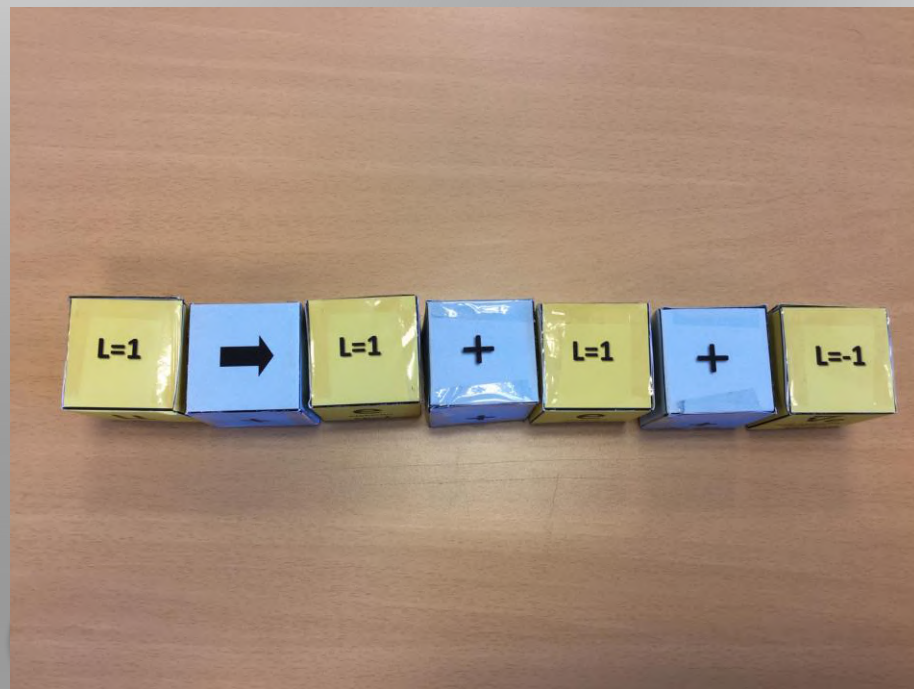


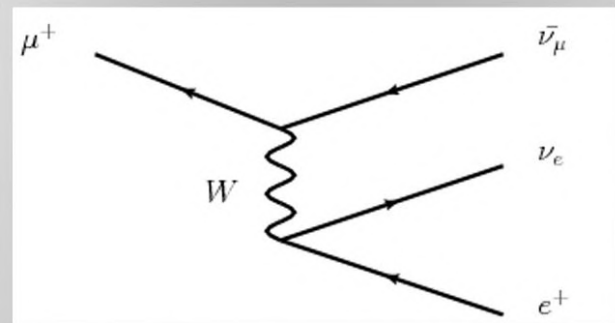
	e^-	e^+	ν_e	$\bar{\nu}_e$	μ^-	μ^+	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$
elektronikus-leptonszám	1	-1	1	-1	0	0	0	0
müonikus-leptonszám	0	0	0	0	1	-1	1	-1

A MÜON BOMLÁSA

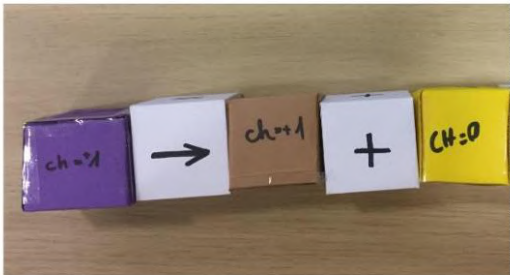


$B = 0$, hiszen leptonok



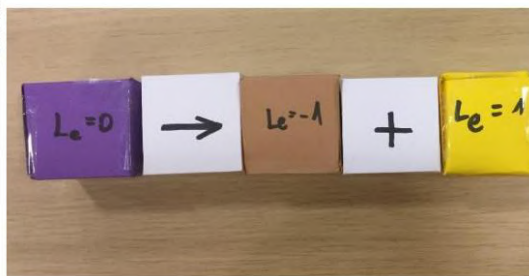


Töltés megmaradás:

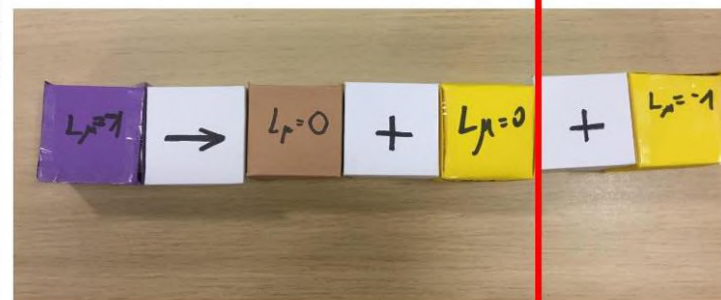


	e^-	e^+	ν_e	$\bar{\nu}_e$	μ^-	μ^+	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$
elektronikus-leptonszám	1	-1	1	-1	0	0	0	0
müonikus-leptonszám	0	0	0	0	1	-1	1	-1

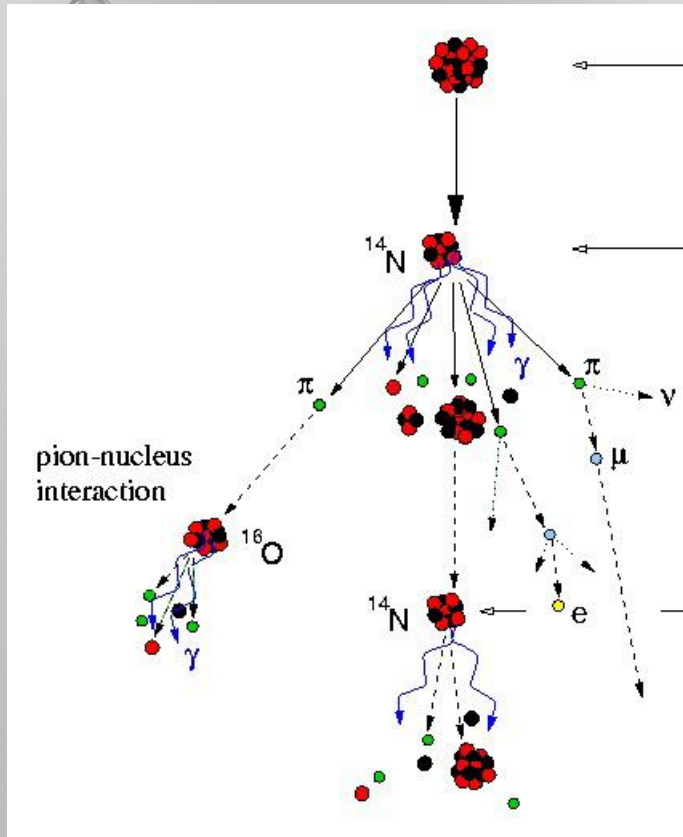
Elektron-leptonszám megmaradás:



Müon-leptonszám megmaradás:



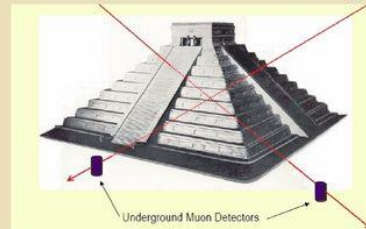
DE MIRE IS JÓK A MŰONOK?



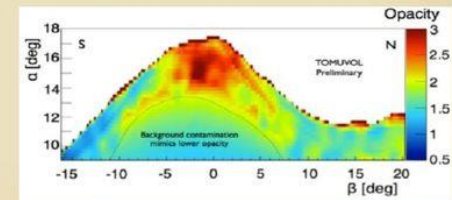
Müontomográf alkalmazások

- Nap Piramisa (Mexikó)

R. Alfaro, V. Grabski: Searching for possible hidden chambers in the Pyramid of Sun.



- Vulkánvizsgálat (Japán,)



Barnaföldi GG: Föld Napja 2014.04.25

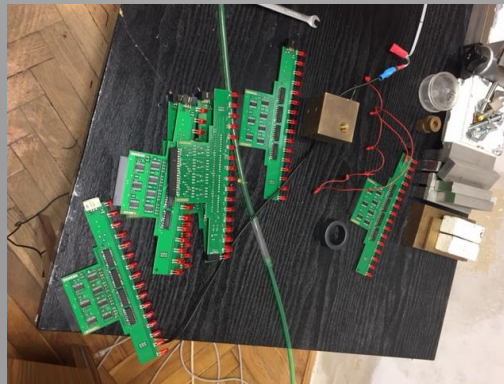
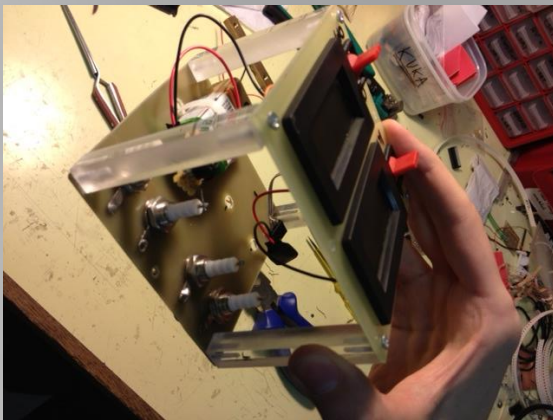
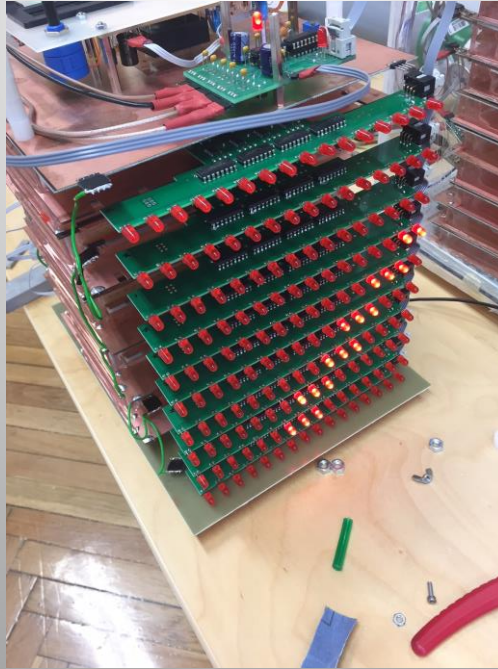


REGARD



RMKI-ELTE GASEOUS DETECTOR R&D

EGY „VILLOGÓS” DETEKTOR TÖRTÉNETE



I  PP !!!!

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET

ÉS MOST...

ÁTADOM JANKÁNAK A TEREPET

