

A mai nap főszereplői

Kvarkok:

u up	c charm	t top
d down	s strange	b bottom

Leptonok:

e electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau
$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino

Anyagi részecskék



Közvetítő részecskék

Z Z boson	$\gamma$ photon
W W boson	g gluon

Ők mind „Fermionok” ( $s=1/2$ )

Ők mind „Bozonok” ( $s=1$ )

# Előszó.

„Olyan dolgokról fogok most  
Nektek beszélni amit a 3.- 4. éves  
fizikus hallgatóinknak tanítunk...

Szeretnék most meggyőzni  
Benneteket, hogy ne adjátok fel  
ha nem értitek. A fizikus  
hallgatóink sem értik... És ez  
azért van mert magam sem  
értem. Senki nem érti.”



Richard P. Feynman  
Nobel díj: 1965



# A proton trónfosztása!

[Újsághír, 1964]

Fizikus nyomozók megállapították,  
hogy Mr. Proton 50 éven át jogtalanul  
használta a kitüntető „Elemi” előnevet.

Utazzon velünk a Proton bugyraiba!  
Fantasztikus élményben lesz része!  
A Részecskefizikai utazási iroda legjobb ajánlata.

## Origo/Index/Blikk:

Egy ismert világfi, bizonyos Mr. Proton  
három kvarkot tart rabszolgaságban saját otthoni börtönében.

Riporterünknek nyilatkozik a neves magyar költő!  
*„Mostan színes részecskékről álmodom...”*

[Kosztolányi Dezső után szabadon]

## Facebook.

Fiúk/Lányok!

Flashmob Csillebércen!

Felvonulnak a Kvarkok és Leptonok,  
a könnyű és nehéz közvetítő Bozonok.  
Sőt! Maga a nagy Higgs is várható!

Figyelem!

Karemelési gyakorlatokkal kezdünk.

Ismerősek-e Önöknek az alábbi szavak?

Aki már hallott róla emelje fel az egyik karját

Aki valamit tud is ezekről az két karjának emelésével jelezze.

CERN

MeV, GeV

LEP, LHC

Hadron

Barion, Mezon

Müon

Pion

Pozitron

Neutrinó

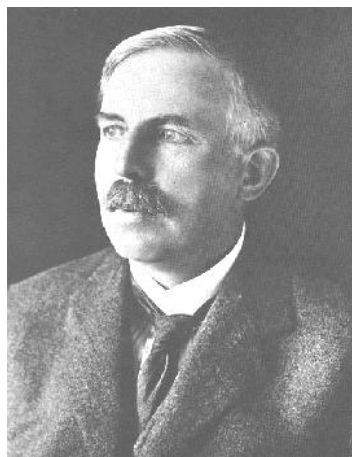
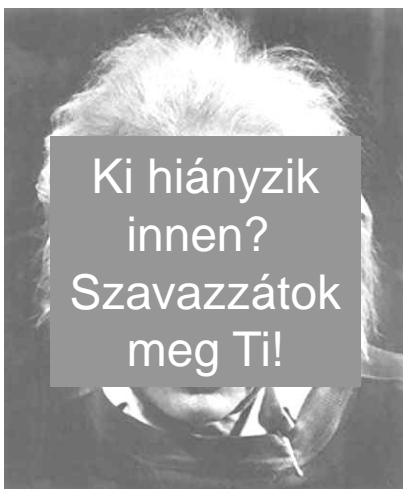
Kvark

Fermion, Bozon

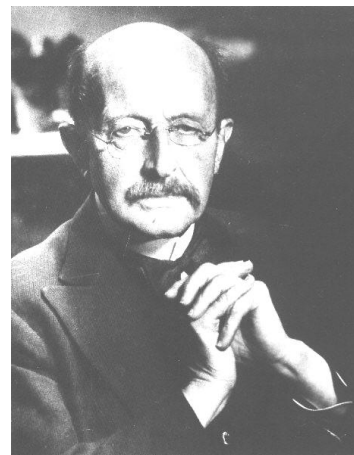
Gluon

# Akik a XX. századi fizikát megalkották..

Ismeritek Őket?



E.Rutherford



M.Planck



P.Dirac



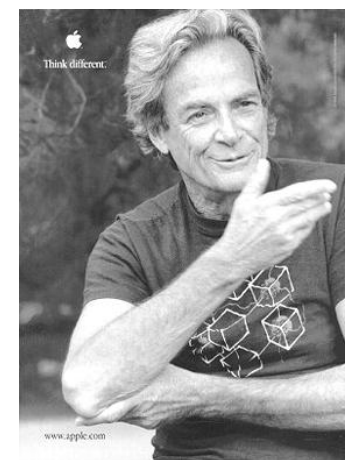
W.Pauli



W.Heisenberg



E.Fermi



R.Feynman

Ők hasonlóan „nagyok”  
és ugye nagyon ismerősek is



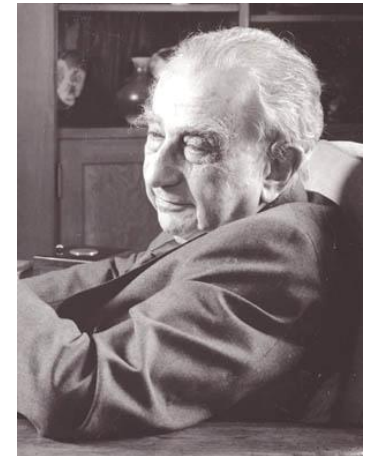
Wigner Jenő



Neumann János



Szilárd Leó



Teller Ede

Sok-sok magyar hírességünk van a fizikában,  
de itt most csak a kvantum- és részecskefizika  
nevezetességeit mutatom be.

A mai előadásban igen sok fizikai Nobel díjas tudós nevét fogom még említeni.  
Ismerkedjenek meg hát a kitüntető medállal is.  
Hátha esetleg maguk is szóba jönnek majd egyszer...



Felirata: INVENTAS . VITAM . IUVAT . EXCOLUISSE . PER . ARTES.  
(idézet Vergilius Aeneis eposzából)

Magyarul : Szép dolog az életet találékony művészetekkel nemesíteni.

Az érme ~ 200 gr. súlyú. 23 karátos aranyból készült  
(1980 óta már csak 18 karát, de 23 a bevonása)  
Átmérője 66 mm.

# Tisztelt Hallgatóság!

## Amiről ma beszélgetni fogunk:

Jancsó Gábor  
2016.03.1/2.

- Részecskék
  - Kölcsönhatások
  - Gyorsítók
  - Detektorok
  - És a "mérési feladatok"
- Közös ebéd**
- majd látogatás intézetünk „kis” gyorsítójánál
  - Aztán Maguk W/Z bozonokat keresnek a CERN CMS detektor adatai alapján.
- Majd bekapcsolódunk a Videokonferenciába ahol megbeszélik az eredményeket, tapasztalataikat és kérdezhetnek a CERN-es moderátoroktól
  - Quiz-játék
  - Emléklapok kiosztása



## Néhány bevezető megjegyzés:

Nem szükséges feszült figyelemmel követni az előadást.  
Lesznek ugyan benne fontos dolgok  
de kevésbe fontos részletek is,  
és lesznek „lazító” oldalak képek/érdekességek.

A nagyon fontosakra  
majd felhívom a figyelmüket,  
néhány kevésbé fontos lapon pedig gyorsítva haladunk.  
Az előadás kibővített anyagát megtalálják a honlapomon,  
hogy nyugodtabb körülmények közt elmélyülhessenek a témában.

Ami a délutáni mérési gyakorlatokhoz szükséges  
azt még „félálomban” is megjegyzik.

Ébresztőként azért -egyszerű- kérdéseket  
is felteszek, amelyekre majd  
Kórusban kérem a válaszokat.

# 1. Részecskék

A részecskefizika  
- mint minden „komoly tudomány” -  
az ókori görögöknél kezdődött:



akik sejtették, hogy az anyagi világ sokfélesége  
visszavezethető  
néhány egyszerű és tovább nem osztható elemi összetevőre  
(ezeket nevezték atomoknak).

Erre a következtetésre pusztán „elméleti” (spekulatív)  
úton jutottak.

A világ sokféleségét 4 „elemi” (oszthatatlan) összetevővel magyarázták.

Ma  
megmutatjuk, hogy bár az elgondolásuk helyes volt  
DE a mai tudásunk alapján ennél

**több és más összetevőre  
vannak komoly kísérleti bizonyítékaink.**

Hurry up!  
Azaz kezdjünk hozzá!





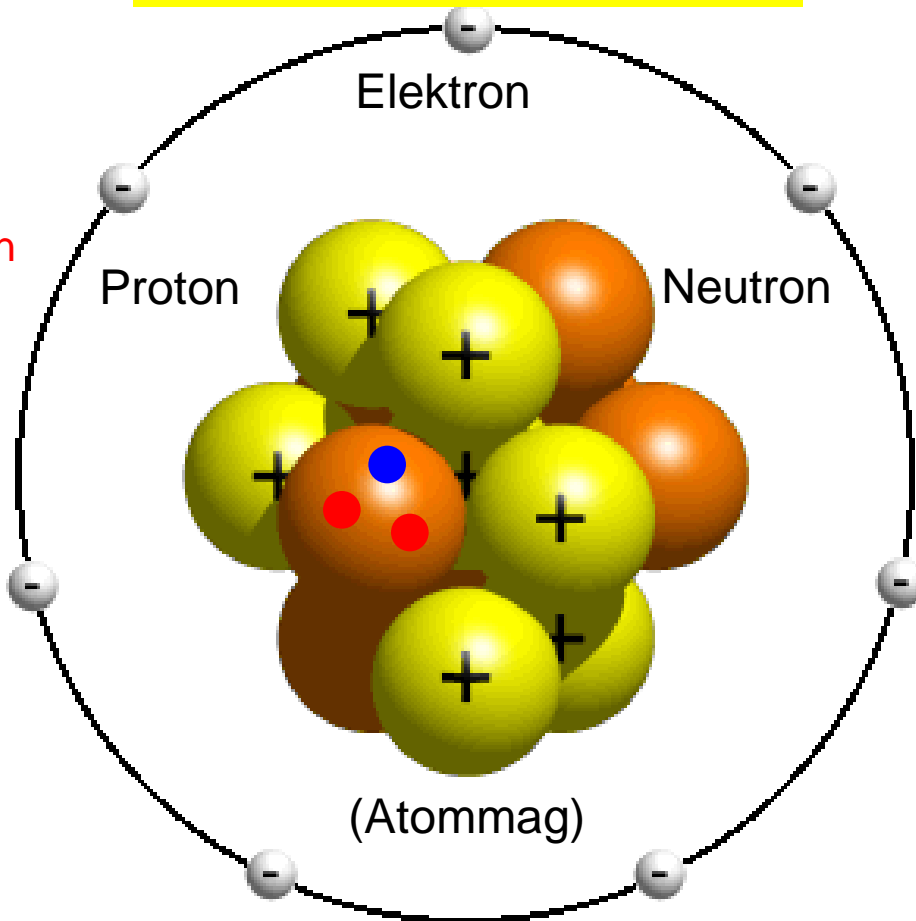
Sir Joseph John Thomson  
Elektron: 1897

Többek közt  
a protonban/neutronban  
látható apró „pöttyek”  
-a **kvarkok**- lesznek  
a mai nap főszereplői



Sir James Chadwick  
Neutron: 1932

**XX. Század első  
harmada.**  
**Amit mindenki ismer:**  
**Az ATOM**



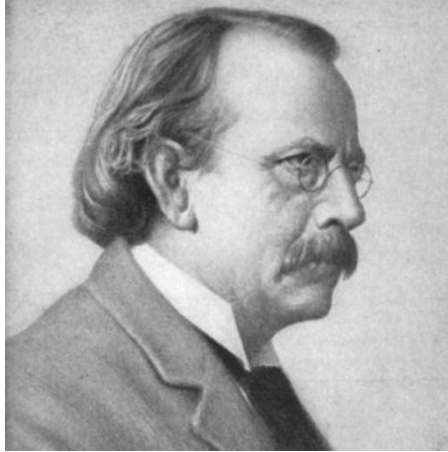
Sir Ernest Rutherford  
Atommag: 1911  
Proton: 1919



Murry Gell-Mann  
Kvark hipotézis: 1963

# Atommodellek (~1900-as évek eleje)

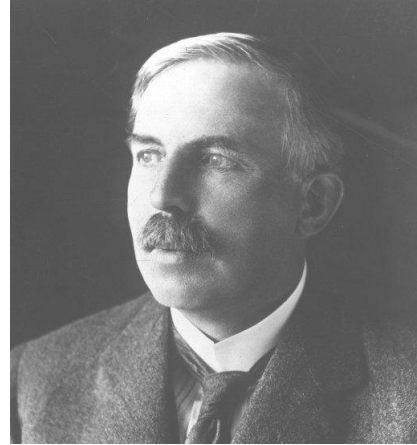
J.J. Thomson



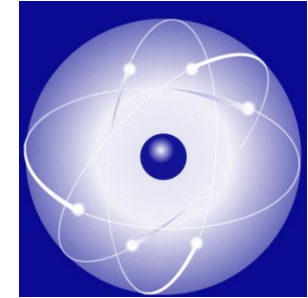
*T: az atom olyan mint egy mazsolás puding:*



E. Rutherford

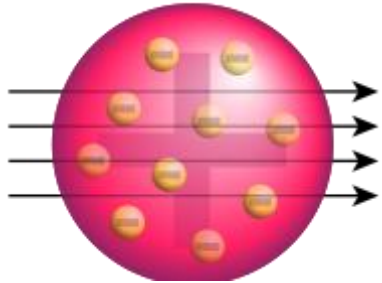


*R: nem szeretem a pudingot!  
Az atom inkább ilyen:*

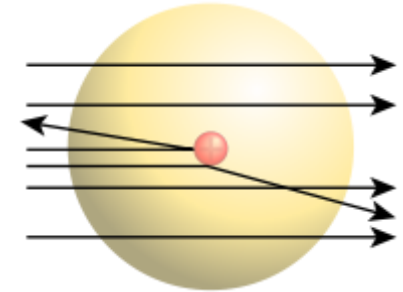
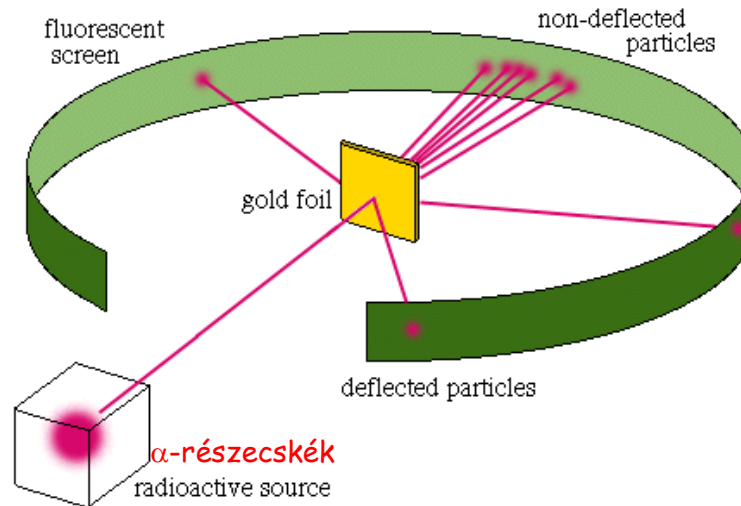


R (1911): Figyeld az én szórás kísérletemet!

A legtöbb alfa átmegy rajta, *de nagyon ritkán* valami kicsi pozitív töltést eltalál és akár vissza is pattan



*T: Igazad van!  
De én fedeztem fel az elektront!*



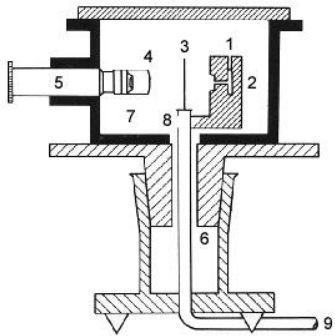
*R: Na ugye!  
De az atommag az enyém!  
és majd felfedezem a protont is!*

Méretük: atom  $\sim 10^{-10}$  m; atommag  $\sim 10^{-14}$  m. Az atom igencsak „szellős”

# SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), 1969:

Napjaink Rutherford kísérlete:  
a KVARKOK (kísérleti) felfedezése.

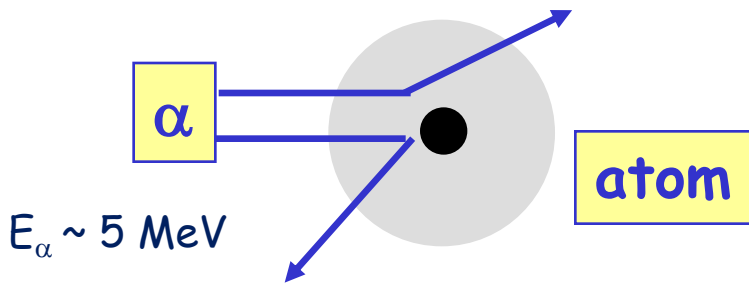
[3 Nobel díj, megosztva]



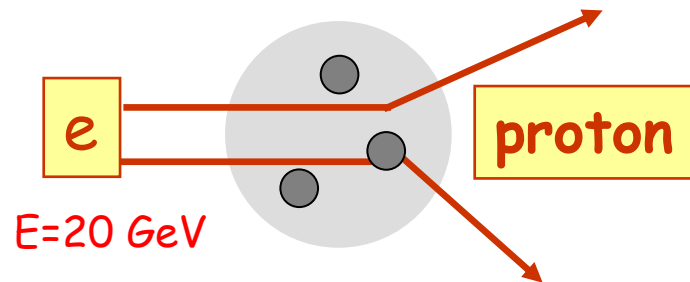
Ez Rutherford  
kis asztali  
„mikroszkópja”



Ez pedig a  
a SLAC  
3 km-es(!)  
elektron-gyorsítója  
Elektronokkal  
„bombázzák”  
a protont (hidrogén)

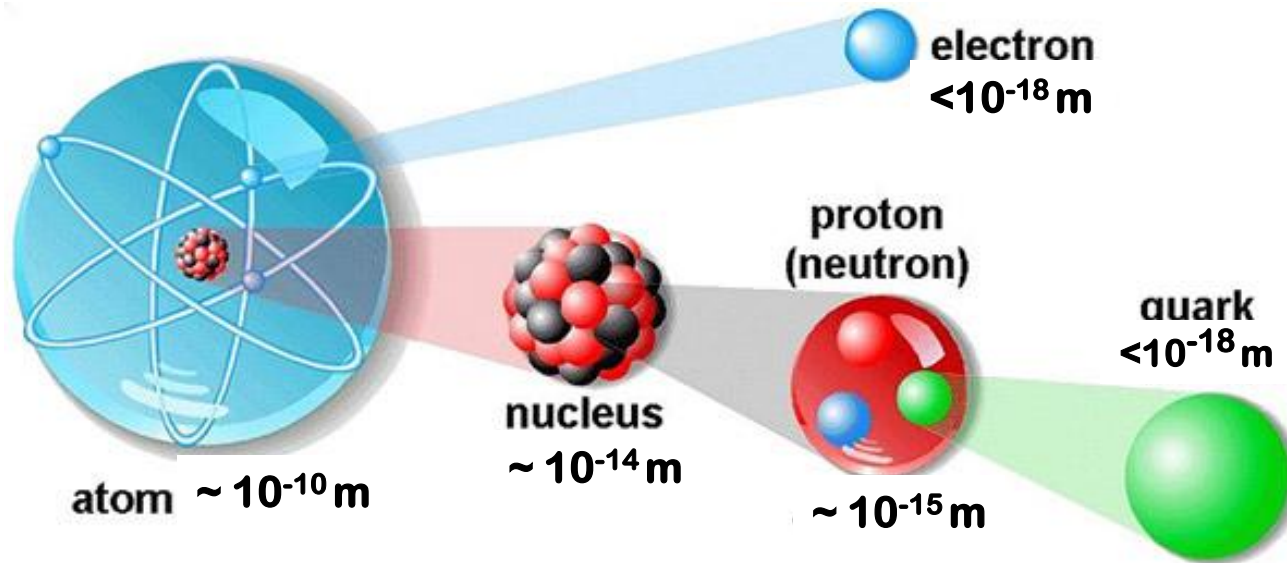


A bombázó alfa-részecske  
a „szellős” ATOMBAN ritkán,  
tehát PICI (kemény) „MAGGAL”  
ütközik és visszapattan



És micsoda meglepetés!  
A PROTON sem egy folytonos  
„töltés-tészta”:  
kemény „MAGOK” rejtőznek benne!  
Ők a mai nap sokat emlegetett  
**KVARKJAI!**

Az atomoktól a kvarkokig.  
Mennyire kicsinykék is ők?



Méretük sokkal kisebb mint a látható fény hulláhhossza  
Ezért vizsgálataikhoz különleges berendezések (gyorsítók!) szükségesek  
[  $\lambda = h/p$  ]

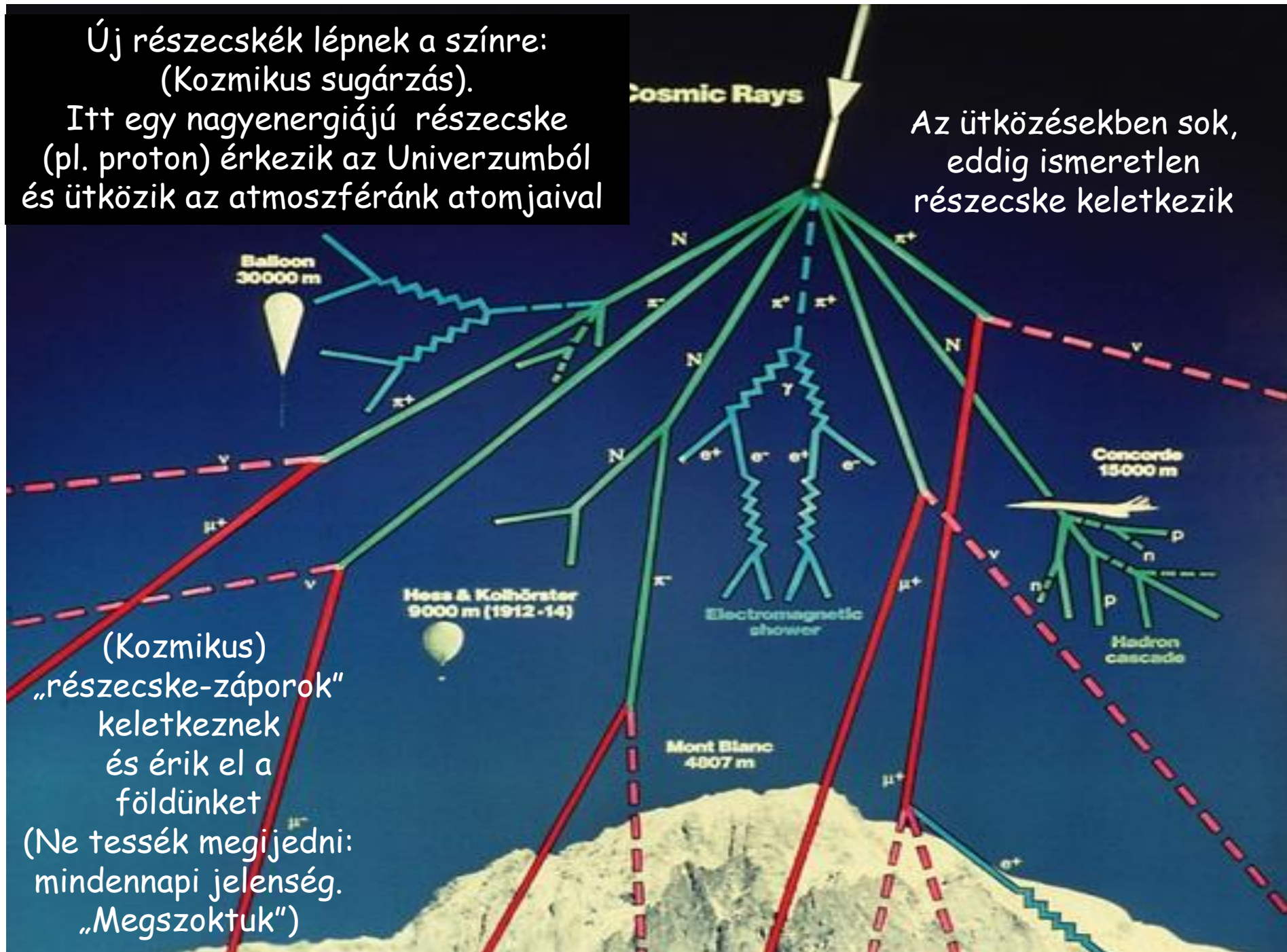


Új részecskék lépnek a színre:  
(Kozmikus sugárzás).

Itt egy nagyenergiájú részecske  
(pl. proton) érkezik az Univerzumból  
és ütközik az atmoszféránk atomjaival

Cosmic Rays

Az ütközésekben sok,  
eddig ismeretlen  
részecske keletkezik



(Kozmikus)  
„részecske-záporok”  
keletkeznek  
és érik el a  
földünket  
(Ne tessék megijedni:  
mindennapi jelenség.  
„Megszoktuk”)

Az ismerős  
Elektron, Proton és Neutron után  
„furcsa” részecskék lépnek a színre:  
Ők az „égből”  
( kozmikus sugárzás )  
érkeznek.

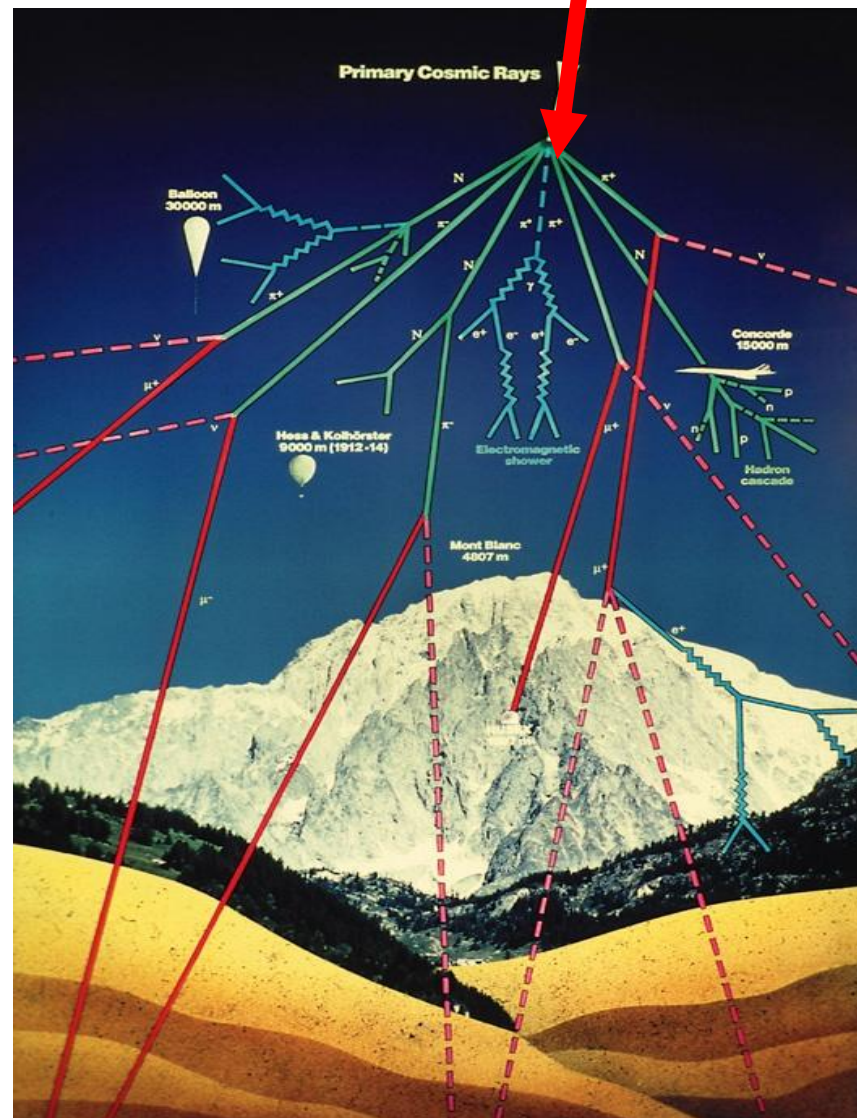
Lelkes tudósok felfedezik Őket!  
(jutalmuk korunk tisztelete  
és persze Nobel-díj)

Kik ezek az újonc  
számunkra eddig ismeretlen  
Részecskék?

Ők a:  
Pozitron ( $e^+$ , „anti-elektron”), 1932  
Müon ( $\mu$ ), 1936  
Pion ( $\pi$ -mezon), 1946  
Kaon (K-mezon), 1947  
és sok más további ismeretlen

A müon és a neutrínó  
mélyen behatol a földkéregbe is

Proton érkezik az Univerzumból,  
ütközik atmoszféránk atomjaival  
és ütközése során új részecskék  
sokaságát kelti!  
( $E=mc^2$ )



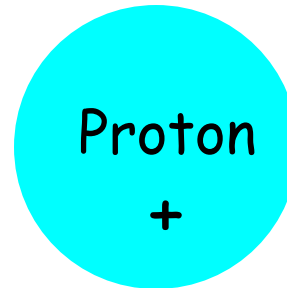
# Részecskék <-> anti-Részecskék



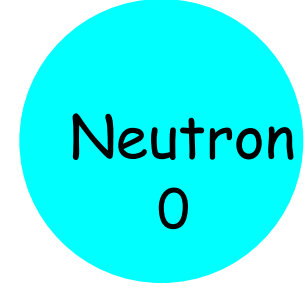
1897



1919



1932



Ők hárman a mindennapos világunk építő kövei

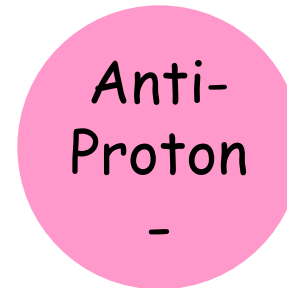
1928: Dirac részecske-elméletében egy „négyzetgyök” jelenik meg: ez újabb részecskéket jósol ( $\sqrt{1=\pm 1}$ ). Ők az „anti-részecskék”.



1932



1954



1955



...és az Anti-Részecskék szép sorjában felfedeztetének

## Kérdés.

Mi történik ha egy részecske az ő antirészecskéjével találkozik, pl. egy elektron és egy pozitron?

Tudnak-e ennek egy igen fontos orvosi alkalmazásáról?

Mi történik ha egy pozitron és egy antiproton találkoznak?

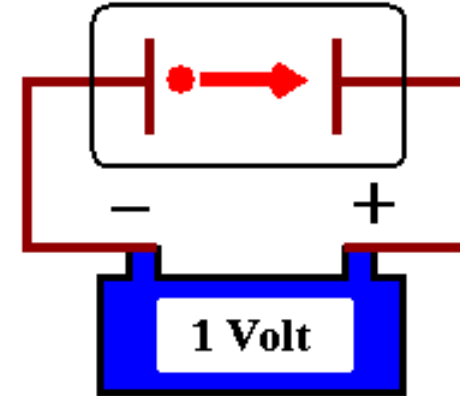
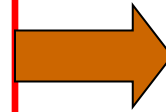
Érdekesség.

1 kg antianyag + 1 kg anyag  $\rightarrow$  6 millárd liter benzin

Egy rövid kitérő.  
A részecskefizikusok mértékegységei:

**Energia:**

1 elektron-Volt (eV):  
az az energia melyre egy  
elektron 1 Volt feszültség  
különbség által felgyorsulva  
szert tesz.



**Többszörösei:**

1 keV =  $10^3$  eV ;      1 MeV =  $10^6$  eV  
1 GeV =  $10^9$  eV ;      1 TeV =  $10^{12}$  eV

k= kilo( $10^3$ )    M= Millio( $10^6$ )  
G= Giga( $10^9$ )    T= Tera( $10^{12}$ )

**Tömeg:**

$m = E/c^2$  [ pl. GeV/ $c^2$  ]

Egyszerűsítsünk tovább:  
Legyen  $c=1$  !  
E [GeV], m [GeV]

Amit érdemes megjegyezni:

$$m_{\text{elektron}} \sim 0,5 \text{ MeV}$$

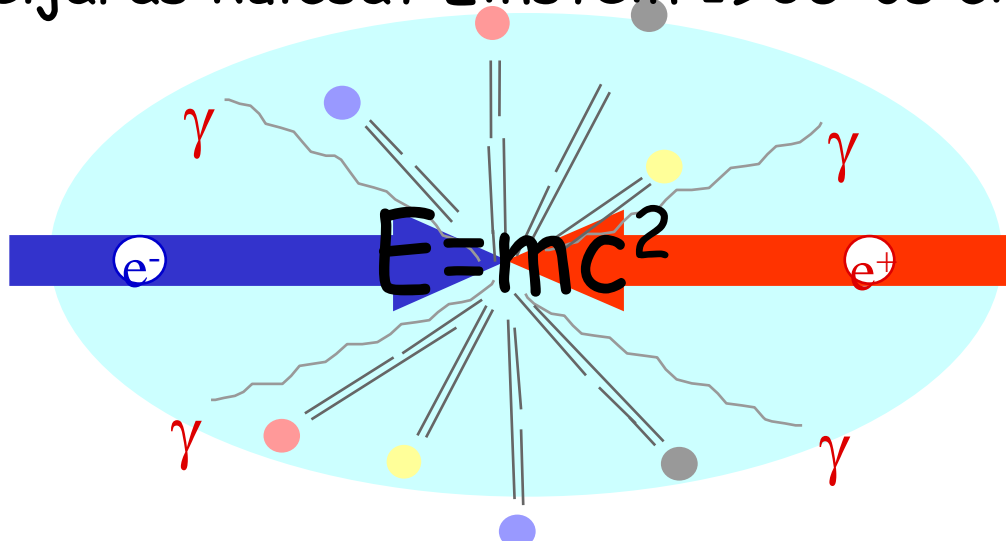
$$m_{\text{proton}} \sim 1 \text{ GeV}$$

$$1 \text{ proton} \sim 2000 \text{ elektron}$$

$$1 \text{ müon} \sim 200 \text{ elektron}$$

A „kozmosz ötlet” jó!  
Gyártunk mi is új és furcsa részecskéket!

A gyártási eljárás kulcsát Einstein 1905-ös cikkében találjuk:



Kell hozzá egy **GYORSÍTÓ**

amiben két nagy energiájú részecskét ütköztetünk.  
Ezek lehetnek pl. Elektron+Pozitron vagy Proton+Proton, stb.

És az ütköző részecskék energiája ( $E$ )  
nagyszámú és különböző fajtájú  
újabb részecske ( $m_1, m_2 \dots$ ) keltésére fordítódik

Mit gondolnak, hasznosítható-e az  
 $E=mc^2$   
receptura a gyümölcsstermesztésben?

Próbáljuk meg és vegyünk két szép tavaszi epret:



Majd kellően nagy energiával „ütköztessük” őket:



Az ütközés előtti utolsó pillanatban álljunk meg,  
hogy megkérdezzem milyen eredményt várnak  
az előzőek alapján?



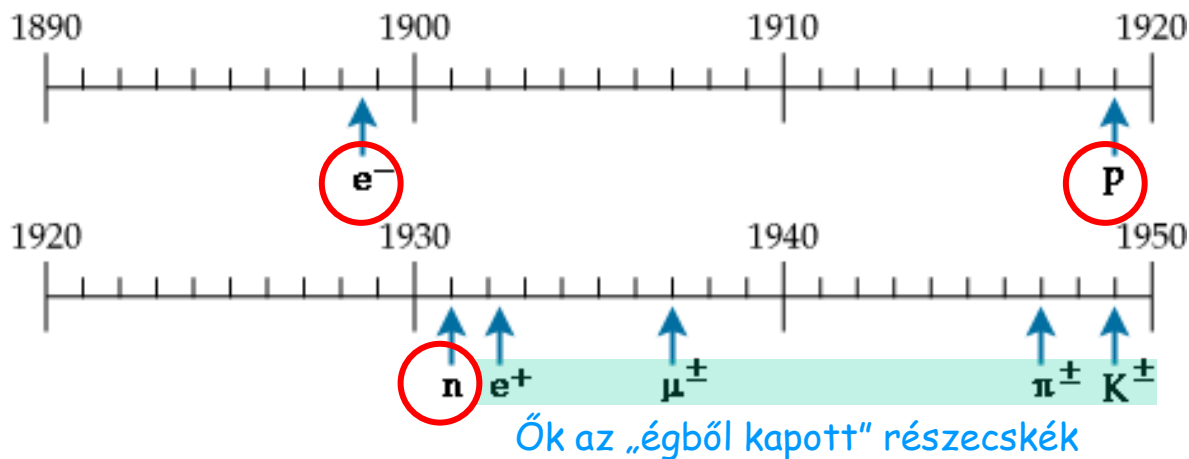


Voilà!



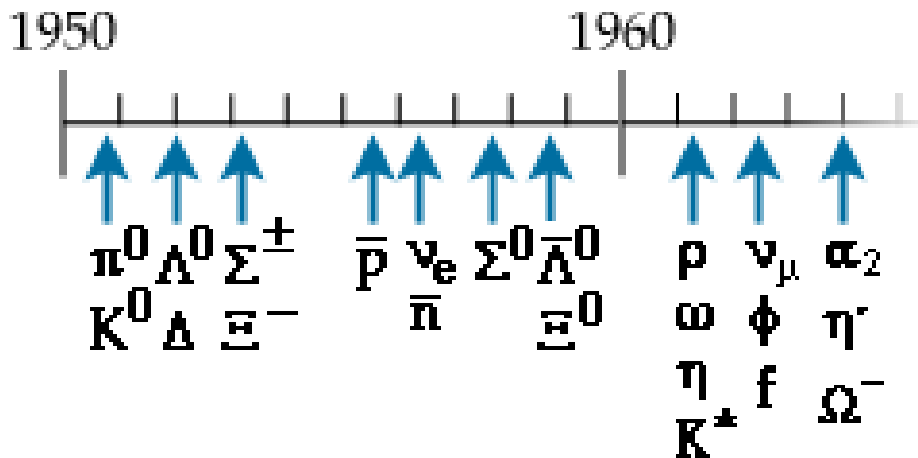
# Korszakváltás: Gyorsítók előtt és a gyorsítók után. Új részecskék százait ismerik meg a kutatók!

A gyorsítók kora előtt  
csak néhány  
részecskét ismertünk  
(lásd Kozmikus sugárzás)



Megépülnek a gyorsítók.

A furcsa új  
-“gyorsítóban gyártott”-  
részecskék százai  
izgalomba és zavarba hozták  
a kutatókat



... and many more!

Vigyázzunk a nevekkal, még néhány újabb részecske és elfogy a görög abc... ☺

De várjunk egy kicsit  
és ejtsünk néhány szót ezekről az előbb látott furcsaságokról...

$\rho \ \omega \ \eta \ \phi \ K^* \ \Lambda$ , stb.

Ők is mind "részecskék"

DE életük igen rövid, tipikusan  $\sim 10^{-10} - 10^{-23}$  sec  
és elbomlanak könnyebb, stabilabb részecskébe  
ezért mindennapos életünkben nem találkozunk velük.

pl.:  $\rho^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$  ( $10^{-23}$  sec)

De a  $\pi$  (pi-mezon, pion) se matuzsálem:

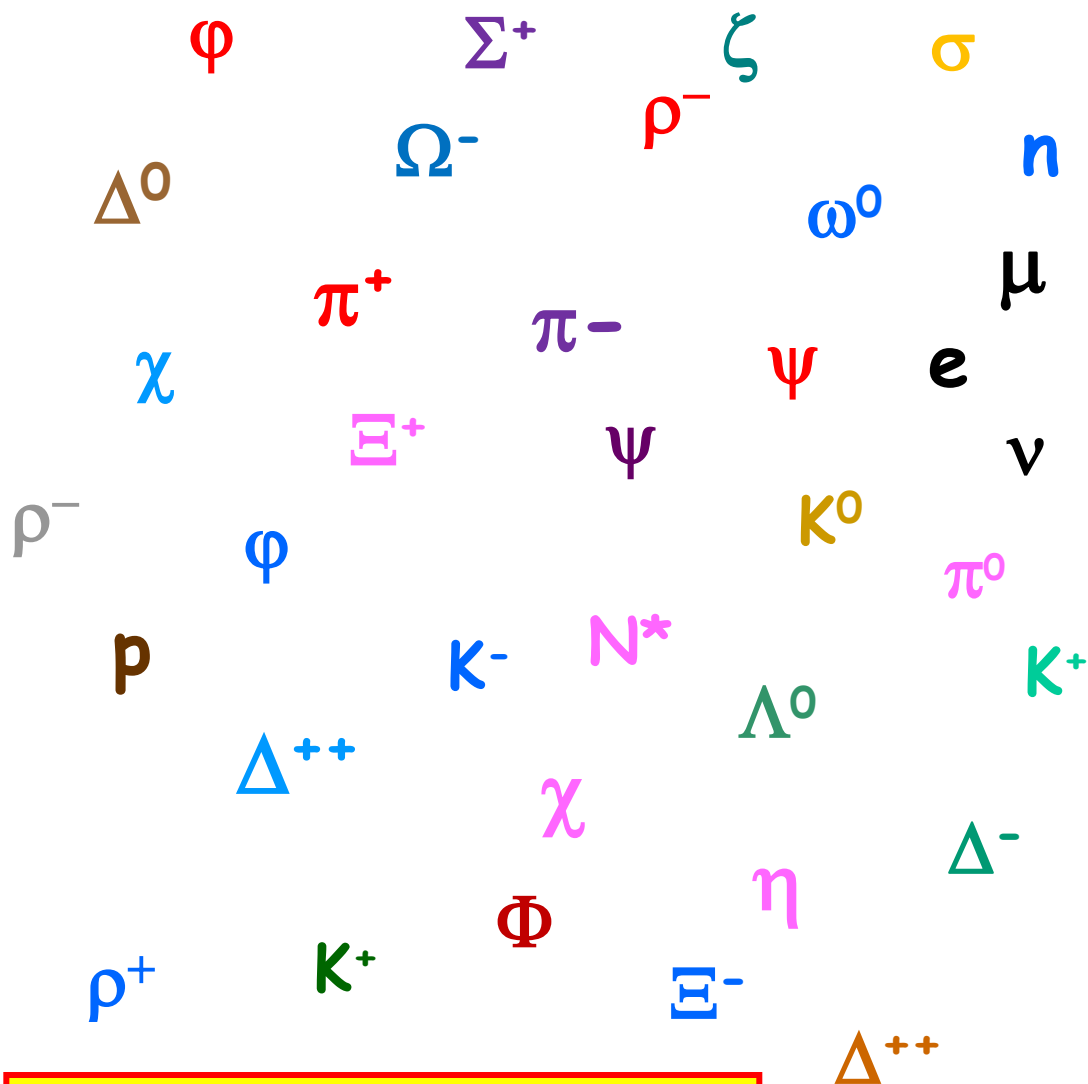
$\pi \rightarrow \mu + \nu$  ( $10^{-8}$  sec)

Na és a  $\mu$  ? Ő sem!

$\mu \rightarrow e + \nu_e + \nu_\mu$  ( $10^{-6}$  sec)

Mit gondolnak, léteznek-e örök életű részecskék?  
És kik ezek?

Elemi vagy nem elemi? Ez itt a kérdés.



Túl sokan pályáznak  
a kitüntető „ELEMI” megnevezésre!



Hűha! Ennyi sokféle részecske!  
És ez mind ELEMI lenne?  
Na, ezen még töröm a fejem.

1963:

A képen látható 33 éves fiatal amerikai elméleti fizikus,  
Murray Gell-Mann  
is ezen törte a fejét és megtalálta a megoldást!



És most figyelem!  
Jönnek a már beígért és várva-várt kvarkok!  
Avagy: a proton sem oszthatatlan?



up



down







strange !

Nobel-díj, 1969: Murray Gell-Mann

# Mr. Gell-Mann „legokról spekulál” és néhány kvarkból részecskéket épít!

Vegyünk két kvarkot: nevük legyen **up** és **down**,

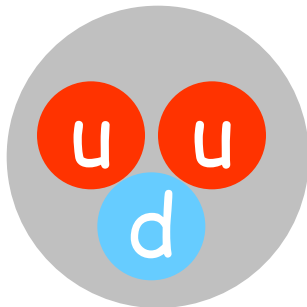
 **up**  Töltéseik (Q) legyenek:   **down**

**up**  $+2/3(e)$  és  $-1/3(e)$  **down**

Ez egy nagyon merész feltevés és Mr. Gell-Mann ezzel mindenkit meglep.  
Eddig az elektron/proton töltését (e) gondoltuk a létező legkisebb töltés-egységnek!!

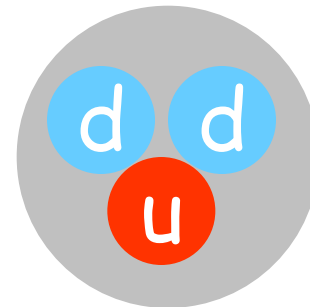
De a „spekuláció” sikeres: protont és neutront (és sok más részecskét) épít  
ezekből a fura kvarkokból!

**proton**



Látjátuk feleim  
szümtükkel,  
mik vogymuk...

**neutron**



$$Q_p = +2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$$

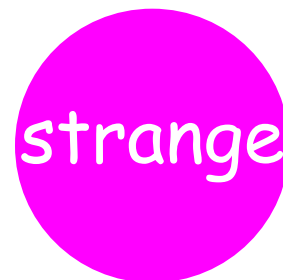
u u d

$$Q_n = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$$

d d u

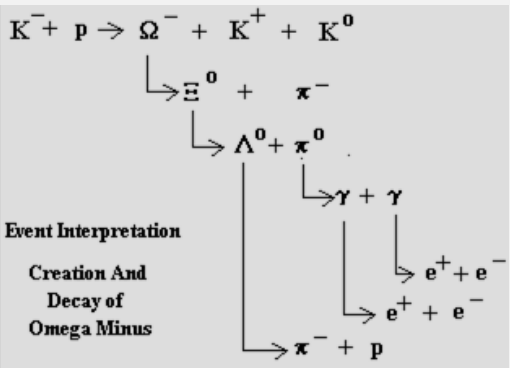
Mr. Gell-Mann tovább spekulál:  
Vegyünk még egy kvarkot és felépítem  
belőlük részecskék százait!

Legyen hát egy harmadik kvarkunk is!  
Neve legyen "ritka/furcsa" kvark ( $s = \text{strange}$ ), töltése:  $-1/3$

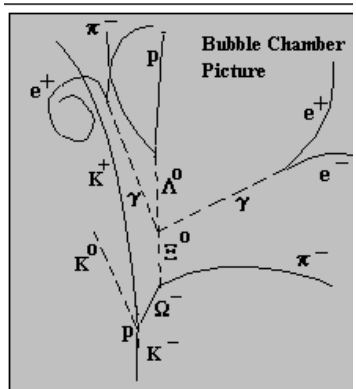


És az  $u-d-s$  kvarkokból valóban sikerült  
az akkor ismert több száz részecskét felépíteni!

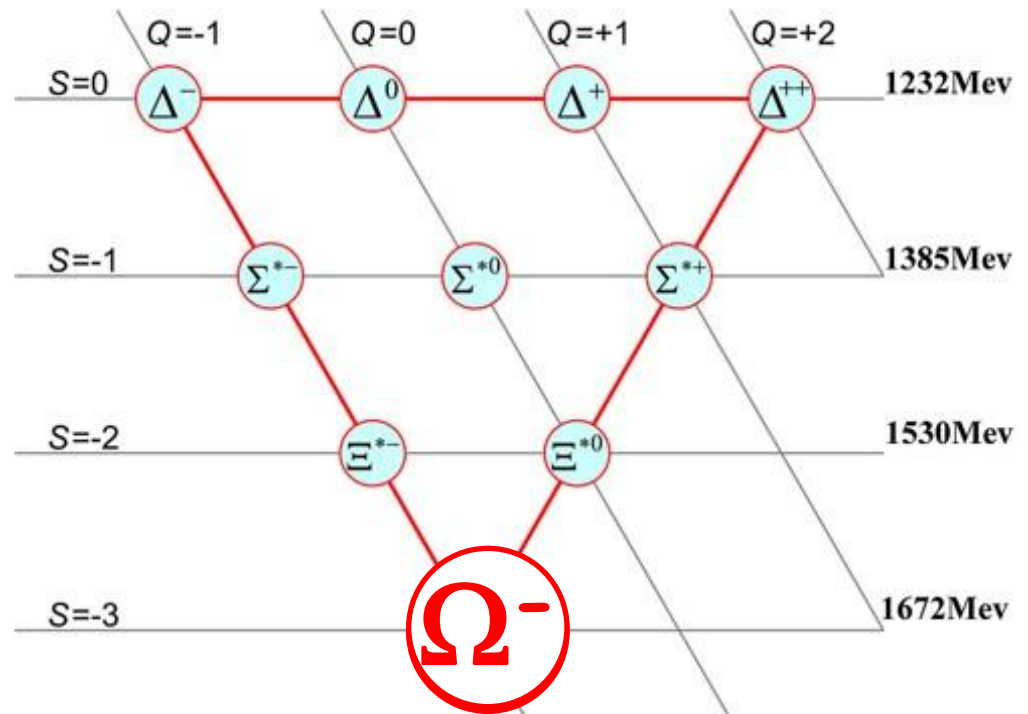




[Omega mínusz hiperon]



Mr. Gell-Mann! Hiányzik a háromszög egyik csúcsa!  
 Kilenc nehéz részecske (hiperon) a helyén ül, de hol a megjósolt tizedik?



Az „emeletek” közti „szintkülönbség”  
 $\Delta m \sim 145 \text{ MeV}$

Korona a kvark-modellen és Gell-Mann fején.  
 Hosszas keresés után 1964-ben megtalálták a hiányzó tizediket!

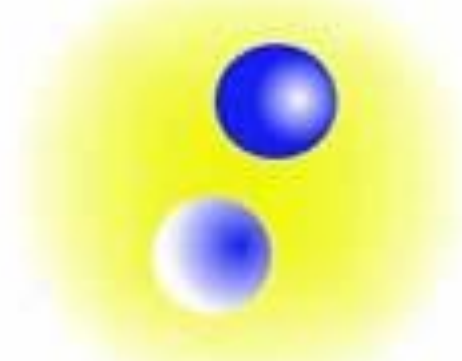
Újabb kis kitérő: Ismerkedjünk tovább a részecskékkel.  
Kvarkokból épül fel  
a Hadronok (p, n,  $\pi$ ,  $\rho$ ,  $\Lambda$ , stb.) 2 nagy családja:

Nehéz  
Barionok  
(p, n,  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ..)



3 Kvark

Középnehéz  
Mezonok  
( $\pi$ ,  $\rho$ ,  $\phi$ ,...)



Kvark + Antikvark

Játékszabály:  
A hadronok töltése  
0 vagy az „e” egész számú többszöröse lehet.

**Hadronok: az erős kölcsönhatásban résztvevő részecskék nagy családja**

Most néhány „kvarkos”-kérdés következik.

Kérem válaszoljanak kórusban.

1. Mennyi az „anti-u” ( $\bar{u}$ ) kvark töltése?
- 2 . Mennyi az  $\bar{u} \bar{u} \bar{d}$  barion töltése?
3. Hogyan neveznénk el a fenti részecskét?

**Gratulálok! Kvarkokból jeles!**

DE van még egy, „vájtfülűeknek” szánt nehezebb kérdésem:  
Mekkora lehet egy barion maximális töltése?

És mennyi a mezonok maximális töltése?

1974:

A kvarkok békés „uds” családjába váratlan vendég érkezik!



Megjelenik egy „csábos” negyedek!



Az eset amerikában történt, lássuk hogyan is...

# Az 1974-es novemberi forradalom

1974 november, USA:  
a nyugati parton fekvő **Stanford**  
és a keleti **Brookhaven**  
gyorsítóiban egyidejűleg fedeznek fel  
egy **ÚJ** és nagyon **NEHÉZ** részecskét (**mezont**)  
 $m \approx 3$  proton

Volt is vita,  
hogy ki legyen a keresztapa?



Samuel Ting:  
legyen a neve „J”

És lett a neve  
 $J/\Psi$   
(dzsépszi)



Burton Richter:  
legyen a neve „ $\Psi$ ”

OK-OK! Hol itt a forradalom?  
Sok új részecskével találkoztunk már és nem beszéltünk forradalomról.  
**ÚJ** és **NEHÉZ** de tud-e ennél többet?

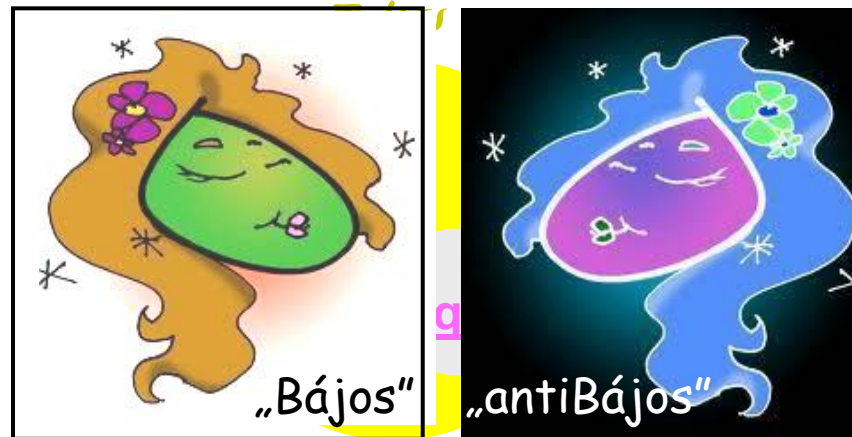
## Színre lép a negyedik kvark

Az újdonság:

a  $J/\Psi$  mezonban található **kvark-antikvark pár** nem azonosítható az eddig ismert három kvark fajta (Up/Down/Strange) egyikével sem!

Benne egy eddig ismeretlen új (negyedik!) fajtájú kvark-antikvark páros rejtőzködik!

Az új kvarkok a Charm/antiCharm (bájós/antibájós) nevet kapták.



Ugye találó az elnevezés?

Nem csigázom tovább az érdeklődést,  
röviden elárulom, hogy  
a kutatók még 2 (nehéz) kvarkot fedeztek fel.



*bottom*

Ők az újoncok:

a Bottom és a Top  
Kvarkok



*top*

Komoly kísérleti/elméleti eredmények arra utalnak, hogy több kvarkra már nincs szükségünk

Lépjenek hát most mind elénkbe!

$Q=+2/3$



quarks



$Q=-1/3$



1. generáció

2. generáció

3. generáció

Tömegét tekintve csúcstartó a top kvark:  $m_{\text{top}} \sim 173 \text{ GeV}$ ! ( $\sim 200$  proton)



A 2008. évi fizikai Nobel díjat az alábbi három japán elméleti fizikus kapta.

Ők voltak azok akik elméletileg megjósolták, hogy a kvarkok három generációjának (azaz 6 kvark típus) kell léteznie a természetben.

Mint látták a hat kvarkot a kísérleti fizikusok valóban fel is fedezték.



Toshihide Maskawa, Makoto Kobayashi és Yoichiro Nambu

Szép-szép, de a kvarkokkal eddig csak mint a hadronok építő tégláival találkoztunk! Látott-e már valaki egy „szingli” kvarkot?

Válasz:

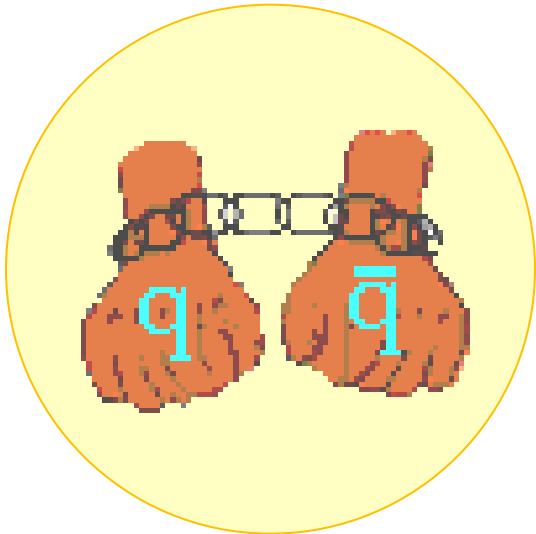
Szabad kvarkok a természetben nem léteznek. Ők a **hadronok** „börtönébe” zárva töltik életüket.

„Börtönük”:

a Mezonok (pl.  $\pi$ )  
(2 kvarkos „cellák”)

vagy

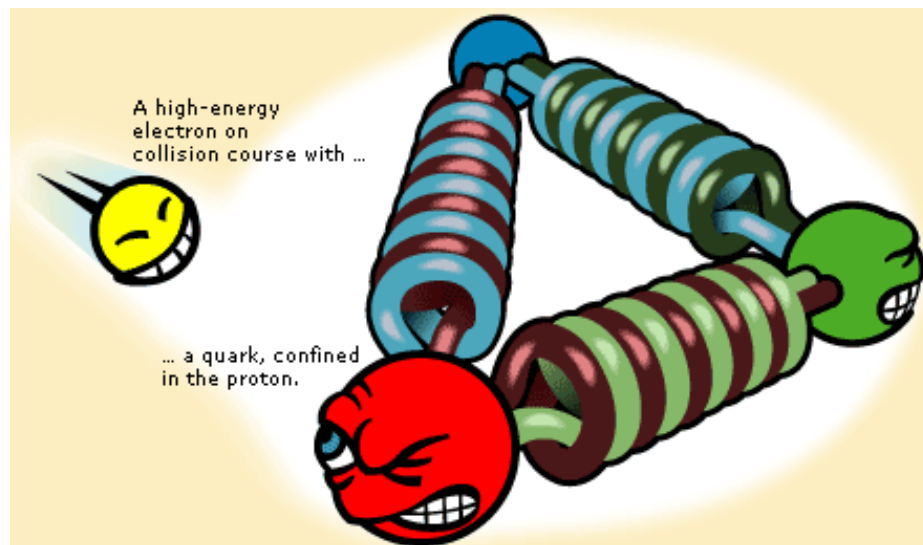
a Barionok (pl. p, n)  
(3 kvarkos „cellák”)



A következő lapon magyarázatot adunk erre a jelenségre

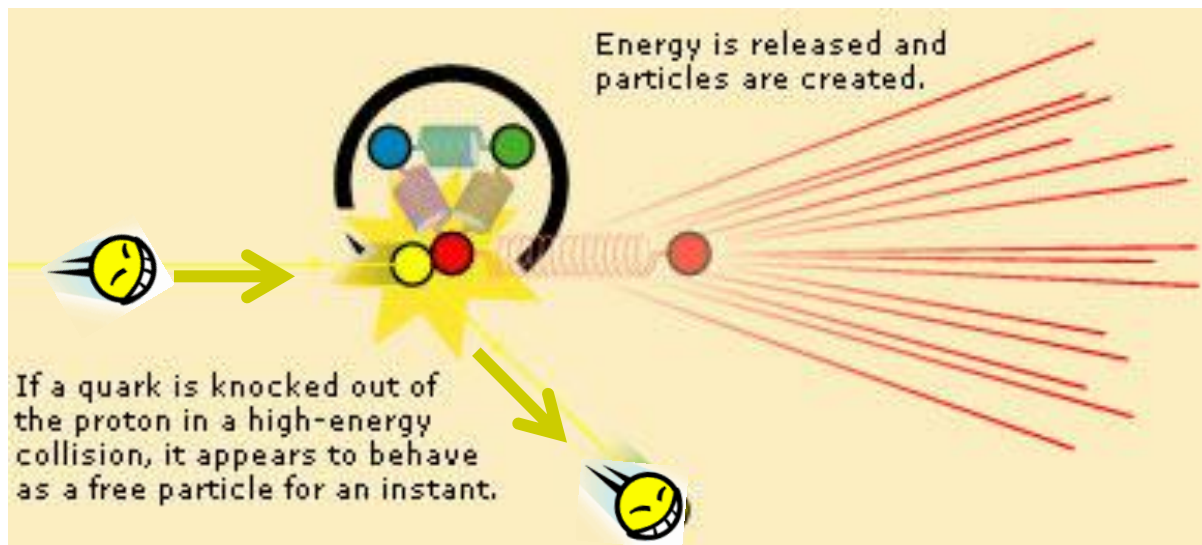
Tegyük kísérletet  
egy kvark kiszabadítására  
a „ proton-börtönből”:

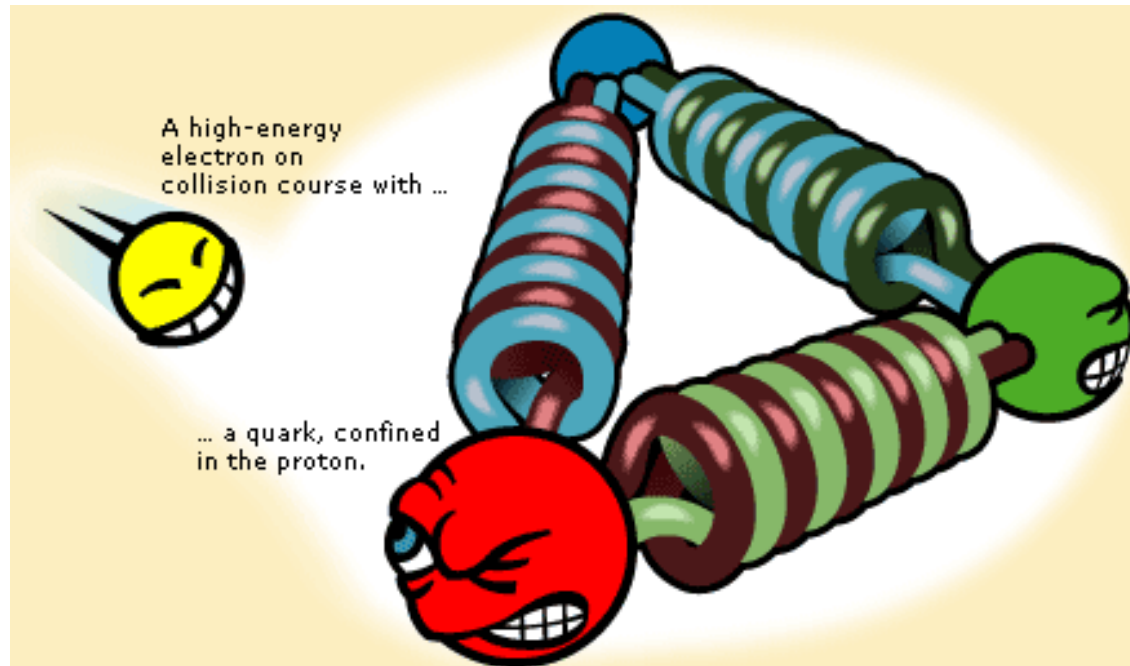
Támadjuk meg (ütköztessük) a protont  
egy nagyenergiás elektronnal!



Az elektron meglöki a proton egy kvarkját,  
az ütközésben átadott energiából [ $E=mc^2$ ] hadronok sokasága keletkezik  
de a kvark továbbra is a protonban marad!

**A KO (knock-out) sikertelen!**





Ezekről a színes kvarkokat összekötő  
színes „rugókról”  
még beszélni fogunk.  
Ők a gluonok!

# Nincs menekvés: a börtönélet magyarázata:



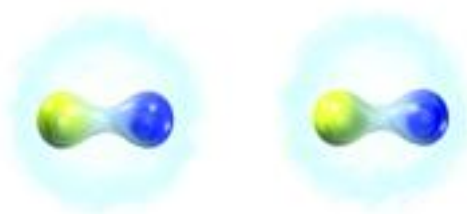
Kvark + antikvark  
egy mezon börtönében



Húzzuk szét őket:  
munkát végzünk,  
Energiát közlünk.



A befektetett energia  
egy kvark-antikvark pár  
keltésére fordítódik ( $E=mc^2$ )

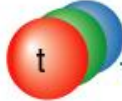

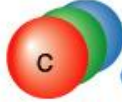





Így már  
két kvark-antikvark párunk van:  
2 mezon lett az 1-ből!  
Sajnos ismét börtönbe zárva ☹️

És folytathatjuk a szabadítási kísérletet:  
energiánkkal egyre több mezont keltünk, de szabadulás nincs...

# Még egy (fontos) fogalom: a kvarkok "szín-töltése"

Az elméleti fizikusok akadályba ütköznek a részecskék pontos leírásában (Pauli elv). Szükség van a kvarkoknak egy újabb tulajdonságot is hordozniuk amelyet "színek" (szín-töltés) neveznek. 3 "szín"-re (Red-Green-Blue) van szükségük. Így hát a kvarkok száma "megháromszorozódik"

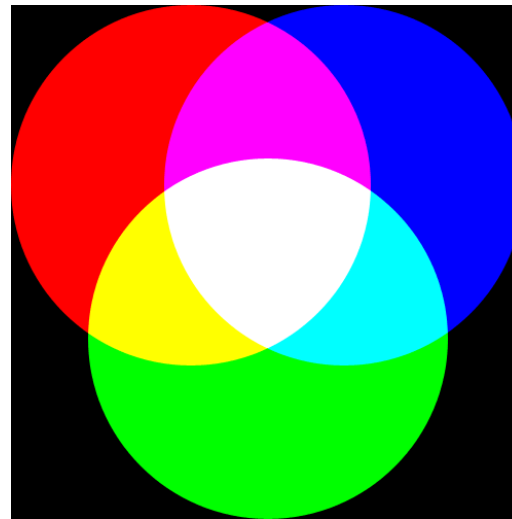
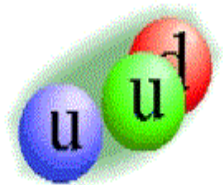
	Quarks	
3. generáció	 t Top	 b Bottom
2. generáció	 c Charm	 s Strange
1. generáció	 u Up	 d Down
	Töltés: +2/3	-1/3

A kvarkokból épülő Hadronok azonban "színtelenek", a kvarkok úgy kombinálódnak bennük, hogy az eredő "színtelen" ("fehér") legyen.

Pl.  $\pi^+$   $\rightarrow$  up (2/3, kék) + anti-down(1/3, anti-kék)

Íme itt a színes kvarkokból összerakott  
színtelen proton

Up + Up + Down



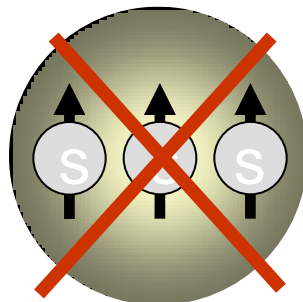
A Barionokban (pl. proton) a három összetevő kvark  
különböző színű (RGB) így lesz a proton „színtelen”  
[a mezonok egy színből és egy anti-színből állnak  
ezért ők is szín-semlegesek, „fehérek”]



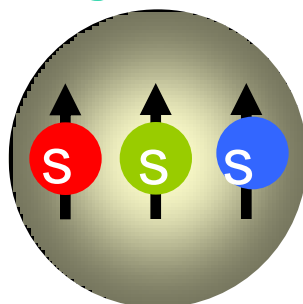
# Miért volt szükséges egy újabb tulajdonság: a "szín" bevezetésére?

Mr. Pauli forog a sírjában. A kvarkok megsértik az elveit.  
(lásd a kémiából is ismert Pauli kizárási elvet. Ugye emlékeznek?)

Gondjait pl. az  $\Omega^-$  részecske okozza  
ami 3 azonos állapotú s-kvarkból (spin=  $\uparrow 1/2$ ,  $Q=-1/3$ ) épül fel.  
Ezt Pauli Úr kizárási elve tiltja!



Paulit megnyugtadjuk.  
Legyen minden kvarkból 3 fajta:  
R(red), G(green), B(blue)



Így már minden OK!

Mosolyoghat Pauli!



Mi sokban hasonlóak vagyunk, de azért nézd a „színeinket” is mondják a kvarkok



## A kvarkok „íze” és „színe”

Fontos! Ne tévesszen meg furcsa szóhasználat!

A kvarkok „íze” és „színe”:

nem íz és nem szín

a szó megszokott értelmében.

Ez csak egy-egy tulajdonáguk összefoglaló megnevezése!

Az "íz" -flavour- a 6 kvark-fajta

6 különböző tulajdonságainak közös megnevezésére szolgál

(de semmi köze a fagylaltnak...)

Van tehát 6 kvark-ízünk: up, down, charm, strange, top, bottom.

A 3 „szín” -color- a kvarkok

3 másik tulajdonságának (Red, Green, Blue) közös megnevezése

(és nem utalás a festők palettáira).

Az ízek magyar megnevezése:

Up=fel, Down=le, Strange=ritka, Charm=bájos, Bottom=fenék, Top=felső

A színek pedig: Red=vörös, Green=zöld, Blue=kék

Megismertük és megszerettük a kvarkokat.  
Van a természetben egy másik nagyon fontos  
és szintén szeretnivaló elemi részecskecsalád:  
Ők a LEPTONOK..







Amit mindenki jól ismer: az elektron (e).

Azonban Ő sem egyke, vannak súlyosabb testvérei:

a  $\mu$  (müon;  $\sim 200$  \* elektron) és a nagyon súlyos  $\tau$  (tau-lepton;  $\sim 2$  \* proton).  
Mindegyiknek van elektromos töltése is: +1 (vagy -1, anti-rész)

Az élet párosban szép...

Ezért mindegyiknek van egy habkönnyű  
elektromosan semleges neutrínó párja:  $\nu_e \nu_\mu \nu_\tau$

	<i>Leptons</i>	
3. generáció	 $\tau$ Tau	 $\nu_\tau$ Tau-neutrino
2. generáció	 $\mu$ Muon	 $\nu_\mu$ Muon-neutrino
1. generáció	 e Electron	 $\nu_e$ Electron-neutrino

## Összefoglaló.

Eddig sok-sok kanyarral  
bejártunk egy hosszú utat.

A következő néhány lapon a lényegét tömörítve láthatják,  
a kanyarokat tekintsék kalandnak.

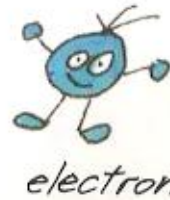
Ha a következő lapokat a fejükbe vésik  
a legfontosabbat tudni fogják.

Kész a leltár:  
Lássuk hát most a ma ismert  
valóban ELEMÍ részecskéket.  
(Ezek mind pontszerűek / szerkezet nélküliek)  
Jöjjenek hát!

quarks



Leptons



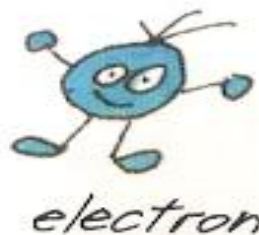
Ők mind feles perdületű (spin=1/2 ) részecskék.  
Közös családi nevük: FERMION

Hétköznapi életünkben  
csak ezek a részecskék játszanak szerepet

Kvarkok



Leptonok



Na és a többiek?

Velük a világegyetem kialakulásának forró pillanataiban  
és fizikusok részecske-gyáraiban (gyorsítók) találkozhatunk

Hogy el ne aludjanak  
most jön néhány  kérdés.

Kérem kórusban válaszoljanak!

1. Vajon a „feles perdületű”  kvarkok és leptonok családja  
honnan nyerte a Fermion családi nevet?

2. Hány és melyek azok a FERMIONOK (kvark/lepton)  
amikből makroszkópikus anyagi világunk felépül?

A helyes válasz tehát:

Up és Down kvarkok (a proton és neutron összetevői)  
és az elektron

Az előzőkben megismertük hát világunk  
elemi építő tégláit:  
a **Kvarkokat és a Leptonokat**

A következőkben azok közösségi életével,

**-KÖLCSÖNHATÁSAIKKAL-**

fogunk ismerkedni.

Bemutatjuk a viszonyaikat jellemző erőhatásokat  
És talán már nem is fognak azon csodálkozni,  
hogy az erők közvetítőiként  
újabb részecskéket kell megismerniük.

Jönnek tehát a  
Kölcsönhatások