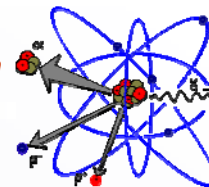


Elementarne čestice

Šta je elementarna (fundamentalna) čestica?

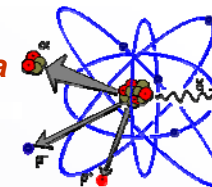
- Fundamentalna čestica je najjednostavniji i nedeljivi delić materije, bez oblika i unutrašnje strukture odnosno entitet koji aproksimiramo tačkom, dakle najosnovniji konstituent svega što nas okružuje- ukratko SUŠTINA (?!)
- "Ništa nije jednostavnije od elementarne čestice. Ova definicija je toliko savršena da se kao i sve idealne stvari uopšte ne koristi".
- Naučnim jezikom, to je entitet definisan skupom kvantnih brojeva u tablici elementarnih čestica.



Šta nam treba da sastavimo 'Svet'?

Jedna prilično stara tabela elementarnih čestica

Radiohemija i nuklearna hemija



Pre 30-tak godina se za otkriće elementarne čestice dobijala Nobelova nagrada, kasnije se moglo dobiti i batine od kolega fizičara.

Po čemu podeliti elementarne čestice i odrediti šta je elementarno

1. Masa
2. Ne raspada se
3. Nema unutrašnju strukturu
4. Spin i ostale veličine iz nuklearne fizike

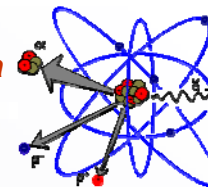
Nazivi čestica	Simboli		Masa (u masama elektrona)	Spin u jed. $\hbar$	Električni naboj	Vreme života	Glavni načini raspada	
	čestice	anti čestice						
Foton	γ	γ	0	1	0	stabilan		
Leptoni	Elektronski neutrino	ν_e	0	1/2	0	stabilan		
	Mionski neutrino	ν_μ	0	1/2	0	stabilan		
	Elektron	e^-	1	1/2	-1	stabilan		
	Mi-mezon	μ^-	μ^+	206,7	1/2	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu} + \nu_\mu$
Mezoni	Pi-mezoni	π^0	π^0	264,1	0	0	$0,8 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
		π^+	π^-	273,1	0	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
	Ka-mezoni	K^+	K^-	966,4	0	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (63%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (21,5%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ (5,5%/o)
		K^0	$\bar{K}^0$	974,1	0	0	$K_S^0 - 0,86 \cdot 10^{-10}$ $K_L^0 - 5,38 \cdot 10^{-8}$	$K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ (12,7%/o) $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- + \pi^0$ (27,1%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^- + \nu_\mu$ (26,6%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$ (5,5%/o)
Barioni	Eta-nula-mezon	η_0	η_0	1074	0	0	10^{-17}	$\eta^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ ili $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ (35,3%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma + \gamma$ (31,8%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (27,4%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ (5,5%/o)
	Proton	p	π	1836,1	1/2	1	stabilan	
	Neutron	n	π	1838,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
	Lambda hiperon	λ^0	λ^0	2184,1	1/2	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ (67,7%/o) $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ (31,6%/o)
	Sigma hiperon	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1/2	1	$0,8 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (51%/o)
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	1/2	0	$10 \cdot 10^{-14}$	$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ (49%/o)
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	1/2	-1	$1,49 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$
	Ksi hiperon	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$3,03 \cdot 10^{-10}$	$3,03 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,66 \cdot 10^{-10}$	$1,66 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
	Omega-minus-čestica	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	3273	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ $\Omega^- \rightarrow \Xi^- + \pi^0$ $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

Jedna prilično stara tabela elementarnih čestica

	Nazivi čestica	Simboli		Masa (u masama elektrona)	Spin u jed. $\hbar$	Električni naboj	Vreme života	Glavni načini raspada
		čestice	anti čestice					
	Foton	γ	γ	0	1	0	stabilan	
Leptoni	Elektronski neutrino	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	0	stabilan	
	Mionski neutrino	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	0	stabilan	
	Elektron	e^-	e^+	1	1/2	-1	stabilan	
	Mi-mezon	μ^-	μ^+	206,7	1/2	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$
Mezoni	Pi-mezoni	π^0	π^0	264,1	0	0	$0,8 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
		π^+	π^-	273,1	0	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
	Ka-mezoni	K^+	K^-	966,4	0	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (63%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (21,5%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ (5,5%/o)
		K^0	$\bar{K}^0$	974,1	0	0	$K_S^0 \rightarrow 0,86 \cdot 10^{-10}$ $K_L^0 \rightarrow 5,38 \cdot 10^{-8}$	$K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ (12,7%/o) $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- + \pi^0$ (27,1%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^- + \nu_\mu$ (26,6%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$ (5,5%/o)

	Eta-nula-mezon	η_0	η_0	1074	0	0	10^{-17}	$\eta^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ ili $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ (35,3%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma + \gamma$ (31,8%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (27,4%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ (5,5%/o)
Barioni	Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1/2	1	stabilan	
	Neutron	n	$\bar{n}$	1838,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
	Lambda hiperon	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2184,1	1/2	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ (67,7%/o) $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ (31,6%/o)
	Sigma hiperon	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	2327,6	1/2	1	$0,8 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (51%/o)
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	1/2	0	$10 \cdot 10^{-14}$	$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ (49%/o)
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	2343,1	1/2	-1	$1,49 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$
	Ksi hiperon	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$3,03 \cdot 10^{-16}$	$3,03 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,66 \cdot 10^{-16}$	$1,66 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
	Omega-minus-čestica	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ $\Omega^- \rightarrow \Xi^- + \pi^0$ $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

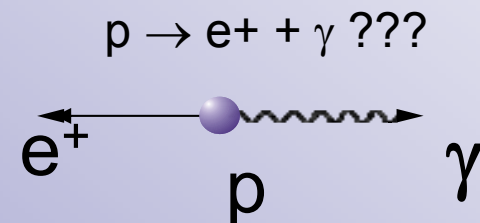
Radiohemija i nuklearna hemija

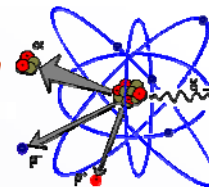


Po čemu podeliti elementarne čestice i odrediti šta je elementarno

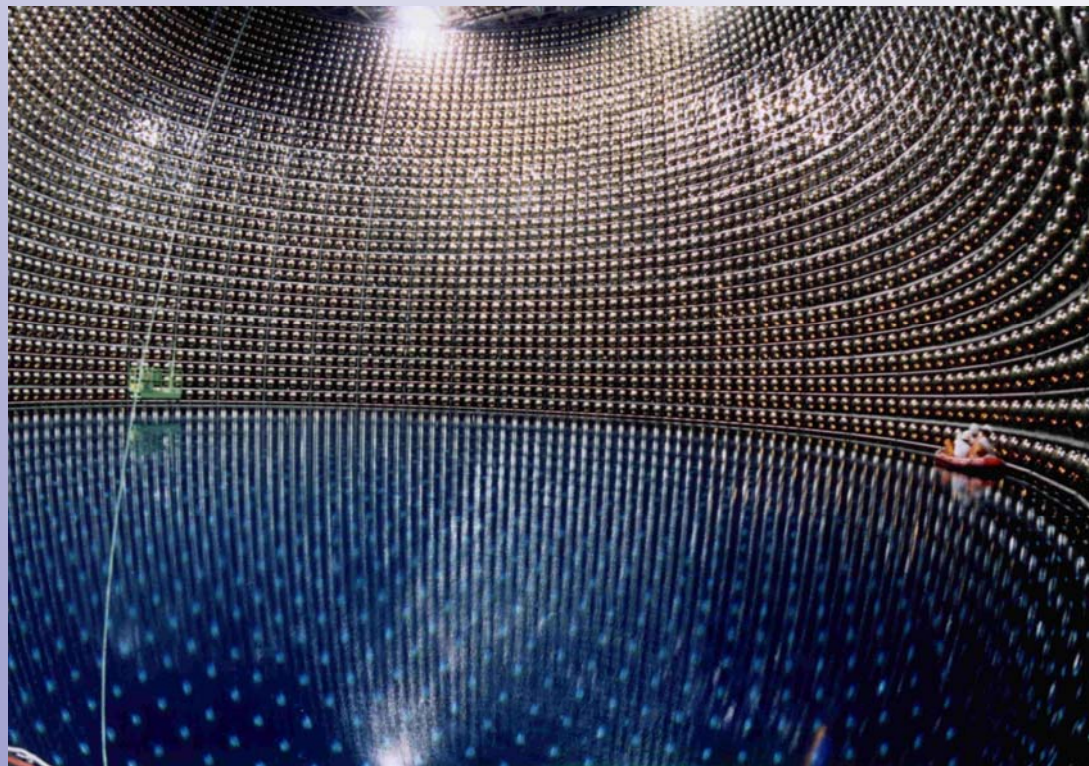
1. Masa
2. Ne raspada se
3. Nema unutrašnju strukturu
4. Spin i ostale veličine iz nuklearne fizike

Stabilnost neutrona i protona
n i p – slobodni ili u jezgru?





Zašto je važno da li neutrino ima masu i da li je proton stabilan?



Super Kamiokande

Mnogo hiljada tona vode
11000 scintilacionih detektora

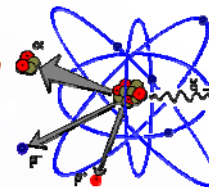
Sudbina svemira i objedinjenje teorija sila GUT

Jedna prilično stara tabela elementarnih čestica

	Nazivi čestica	Simboli		Masa (u masama elektrona)	Spin u jed. $\hbar$	Električni naboj	Vreme života	Glavni načini raspada
		čestice	anti čestice					
Leptoni	Foton	γ	γ	0	1	0	stabilan	
	Elektronski neutrino	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	0	stabilan	
	Mionski neutrino	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	0	stabilan	
	Elektron	e^-	e^+	1	1/2	-1	stabilan	
	Mi-mezon	μ^-	μ^+	206,7	1/2	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu} + \nu_\mu$
Mezoni	Pi-mezoni	π^0	π^0	264,1	0	0	$0,8 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
		π^+	π^-	273,1	0	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
	Ka-mezoni	K^+	K^-	966,4	0	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (63%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (21,5%/o) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ (5,5%/o)
		K^0	$\bar{K}^0$	974,1	0	0	$K_S^0 - 0,86 \cdot 10^{-10}$ $K_L^0 - 5,38 \cdot 10^{-8}$	$K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ (12,7%/o) $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- + \pi^0$ (27,1%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (12,7%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^- + \nu_\mu$ (26,6%/o) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$ (5,5%/o)

Barioni	Eta-nula-mezon	η_0	η_0	1074	0	0	10^{-17}	$\eta^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ ili $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ (35,3%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma + \gamma$ (31,8%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (27,4%/o) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ (5,5%/o)
	Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1/2	1	stabilan	
	Neutron	n	$\bar{n}$	1838,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
	Lambda hiperon	λ^0	$\bar{\lambda}^0$	2184,1	1/2	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ (67,7%/o) $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ (31,6%/o)
	Sigma hiperon	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	2327,6	1/2	1	$0,8 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (51%/o)
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	1/2	0	$10 \cdot 10^{-14}$	$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ (49%/o)
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	2343,1	1/2	-1	$1,49 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$
	Ksi hiperon	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$3,03 \cdot 10^{-16}$	$3,03 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,66 \cdot 10^{-16}$	$1,66 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
	Omega-minus-čestica	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ $\Omega^- \rightarrow \Xi^- + \pi^0$ $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

Radiohemija i nuklearna hemija

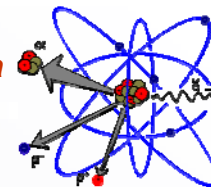


Po čemu podeliti elementarne čestice i odrediti šta je elementarno

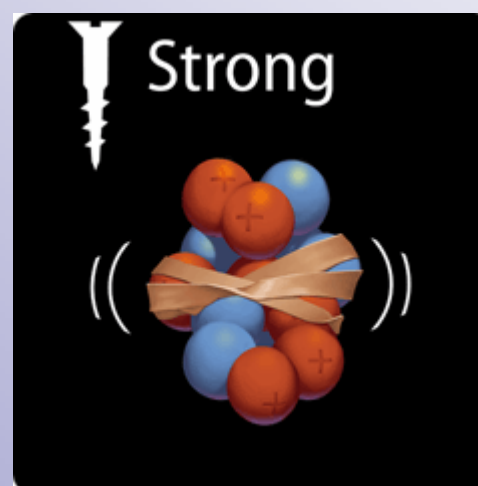
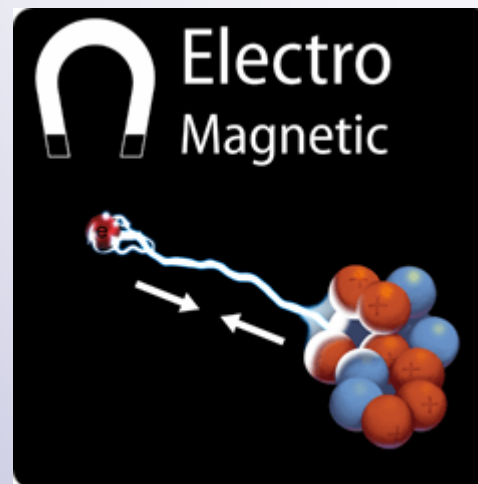
1. Masa
2. Ne raspada se
3. Nema unutrašnju strukturu
4. Spin i ostale veličine iz nuklearne fizike

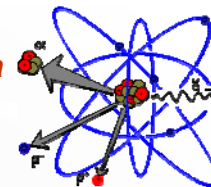
$$p \rightarrow e^+ + \gamma ???$$

Ovo ne može jer se ne mogu pretvarati barioni u leptone, zato što barioni imaju barionski broj, a leptoni nemaju ???



Osnovne interakcije – ko u čemu učestvuje

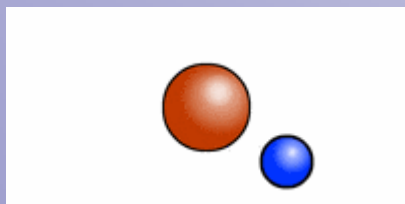




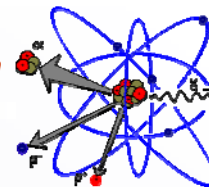
Osnovne interakcije

Elektromagnetna interakcija

- javlja se između čestica koje poseduju električni naboj
- interakcija dugog dometa
- kvant elektromagnetnog polja je bezmaseni elektroneutralni foton
- QED- *Quantum ElectroDynamics*

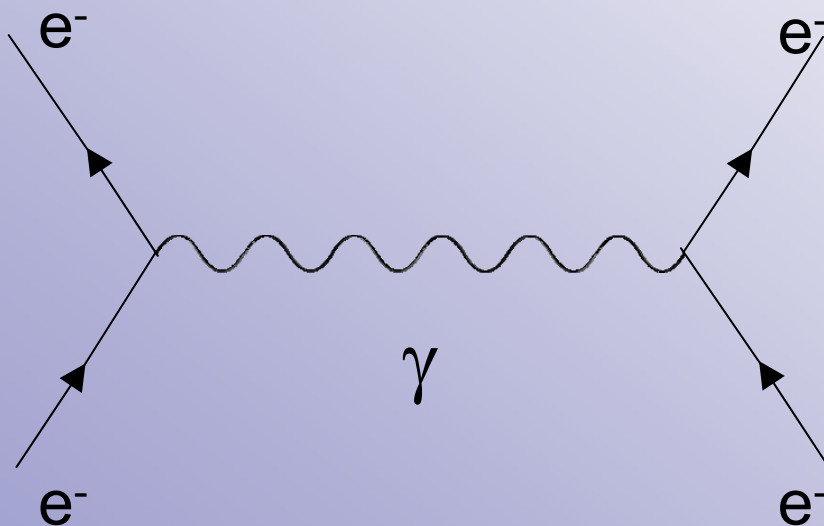


Kruženje elektrona oko jezgra atoma vodonika usled elektromagnetne interakcije prilikom čega se razmenjuju virtuelni fotoni



Zašto se dva elektrona odbijaju i šta je virtuelni foton?

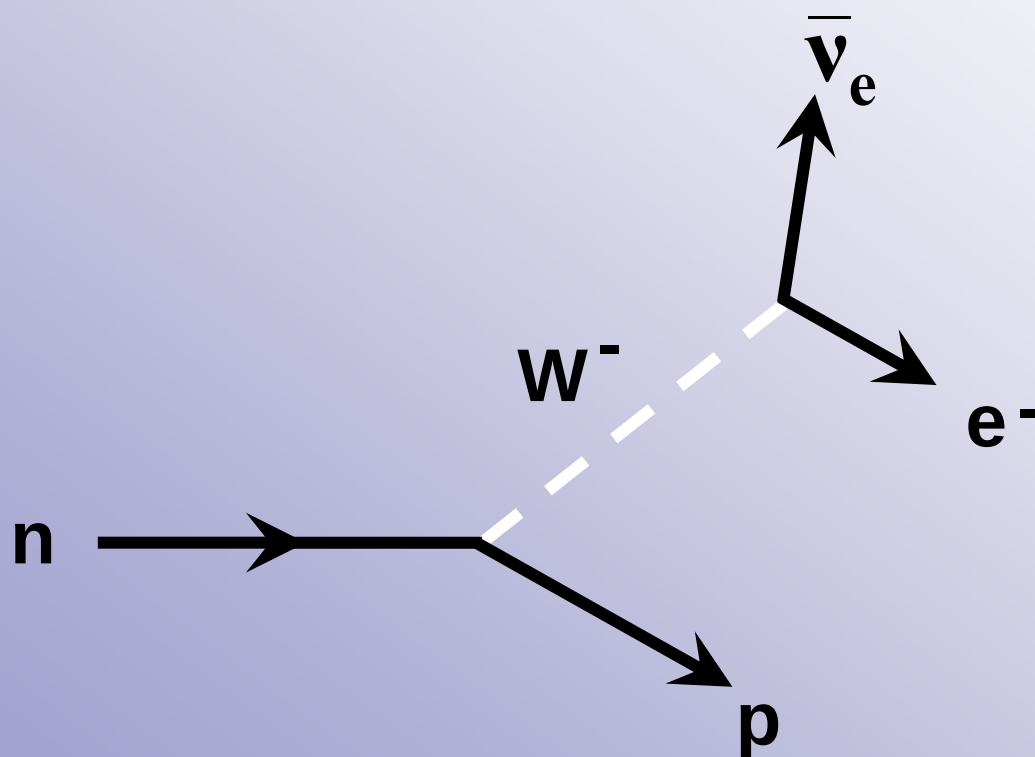
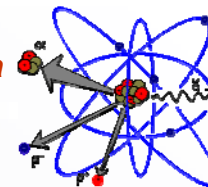
Fejmanovi dijagrami – elektroni se odbijaju zbog razmene virtuelnih fotona



Virtuelni foton se ne može detektovati, ali foton nije uvek virtuelna čestica, jer postoje i manifestni fotoni

Slaba interakcija

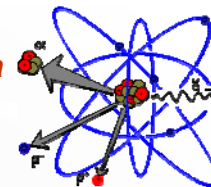
Radioaktivni raspad



Shema događaja
zabeležena u detektoru
prilikom raspada
slobodnog neutrona

W^- je bozon, a postoje
još i W^+ i Z^0 bozoni

Ovo je bilo predviđeno, pa nađeno i tako imamo
objedinjenu teoriju za slabe i elektromagnetne interakcije

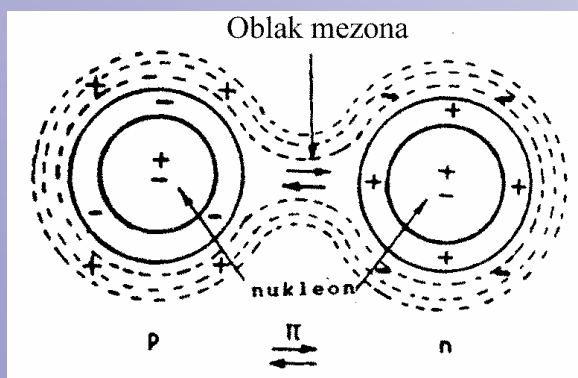


Jake interakcije

Nuklearne sile - interakcije između hadrona – sile kratkog dometa

Šta drži nukleone na okupu u jezgru atoma?

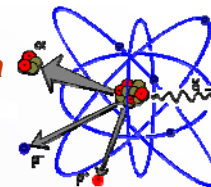
Izmena virtuelnih π – mezona (Yukawina čestica) - postoje i kao manifestne čestice



Nuklearne sile se ostvaruju preko razmene čestice između protona i neutrona

Analogija sa H_2^+ - jedan elektron 'drži na okupu' dva protona

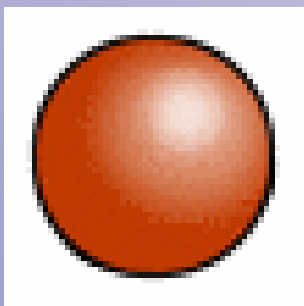
Jake interakcije



Da li su protoni i neutroni elementarne čestice i da li se jaka interakcija ograničava na postojanje π -mezona?

Ne, protoni i neutroni imaju unutrašnju strukturu što je dokazano eksperimentima rasejanja.

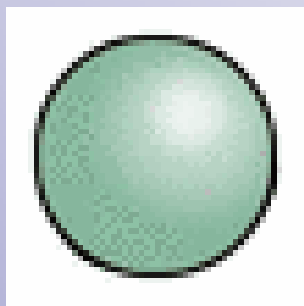
Konstituenti su nazvani kvarkovi



$p = uud$

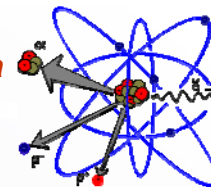
$n = udd$

u – up
d – down



	naelektrisanje	spin
u	2/3	1/2
d	-1/3	-1/2

Kombinovani spin kvarkova je objašnjenje za magnetni moment neutrona

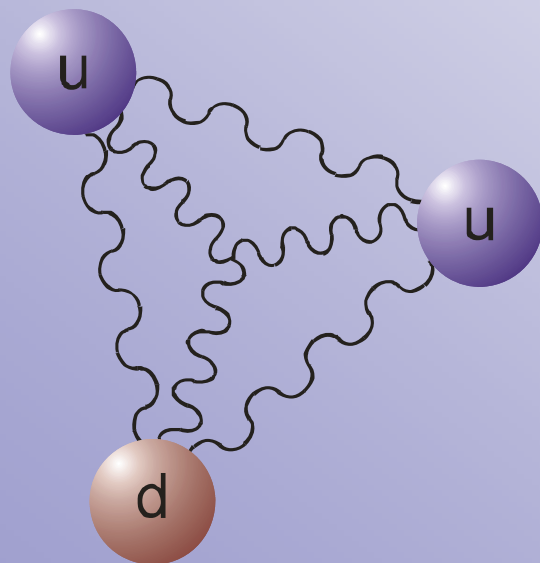


Šta drži kvarkove na okupu unutar nukleona?

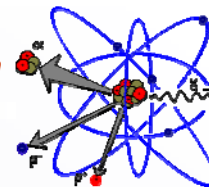
Interakcija se odvija preko gluona ('lepkona')



Proton



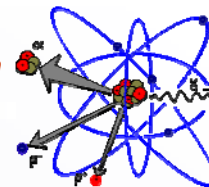
- Nema manifestnih gluona
- Gluoni interaguju i međusobno



Konstituenti i intermedijeri

Konstituenti materije su fermioni (polovičan spin) – p, n, e.
Fermioni se pokoravaju Paulijevom principu isključenja (Fermi-Dirakova statistika)

Intermedijeri koji su prenosioci interakcije su bozoni (celobrojni spin) – fotoni, π -mezoni, gluoni, W-bozoni.
Bozoni se pokoravaju Boze-Ajnštajnovoj statistici.



Šta je onda elementarno?

Ono što je 'tačkasto', a pri tom fermion i nema unutrašnju strukturu

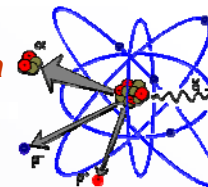
tip fermiona	naelektrisanje	masa
e	-1	0.510999 MeV
ν_e	0	< 2 eV
u	2/3	~3 MeV
d	-1/3	~6 MeV

Jedna prilično stara tabela elementarnih čestica

	Nazivi čestica	Simboli		Masa (u masama elektrona)	Spin u jed. $\hbar$	Električni naboj	Vreme života	Glavni načini raspada
		čestice	anti čestice					
	Foton	γ	γ	0	1	0	stabilan	
Leptoni	Elektronski neutrino	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	0	stabilan	
	Mionski neutrino	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	0	stabilan	
	Elektron	e^-	e^+	1	1/2	-1	stabilan	
	Mi-mezon	μ^-	μ^+	206,7	1/2	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu} + \nu_\mu$
Mezoni	Pi-mezoni	π^0	π^0	264,1	0	0	$0,8 \cdot 10^{-16}$	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
		π^+	π^-	273,1	0	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
	Ka-mezoni	K^+	K^-	966,4	0	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (63%) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ (21,5%) $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ (5,5%)
		K^0	$\bar{K}^0$	974,1	0	0	$K_S^0 - 0,86 \cdot 10^{-10}$ $K_L^0 - 5,38 \cdot 10^{-8}$	$K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ (12,7%) $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (12,7%) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- + \pi^0$ (27,1%) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (12,7%) $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^- + \nu_\mu$ (26,6%) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$ (5,5%)

	Eta-nula-mezon	η_0	η_0	1074	0	0	10^{-17}	$\eta^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ ili $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ } (35,3%) $\eta^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma + \gamma$ (31,8%) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (27,4%) $\eta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ (5,5%)
Barioni	Proton	p	$\bar{p}$	1836,1	1/2	1	stabilan	
	Neutron	n	$\bar{n}$	1838,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
	Lambda hiperon	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2184,1	1/2	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ (67,7%) $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$ (31,6%)
	Sigma hiperon	Σ^+	$\bar{\Sigma}^-$	2327,6	1/2	1	$0,8 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ (51%)
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	1/2	0	$10 \cdot 10^{-14}$	$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+$ (49%)
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^+$	2343,1	1/2	-1	$1,49 \cdot 10^{-10}$	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$ $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$
	Ksi hiperon	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	$3,03 \cdot 10^{-16}$	$3,03 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	$1,66 \cdot 10^{-16}$	$1,66 \cdot 10^{-10}$	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
	Omega-minus-čestica	Ω^-	$\bar{\Omega}^+$	3273	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$ $\Omega^- \rightarrow \Xi^- + \pi^0$ $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

Radiohemija i nuklearna hemija

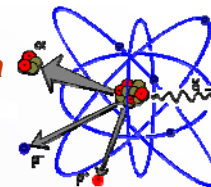


Normalna materija na Zemlji je možda sastavljena samo od leptona i kvarkova 'prve generacije', ali to ne mora da važi za kosmos i sigurno ne važi za ono što proizvodimo u akceleratorima.

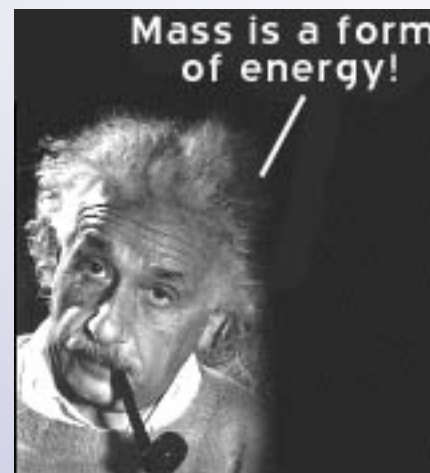
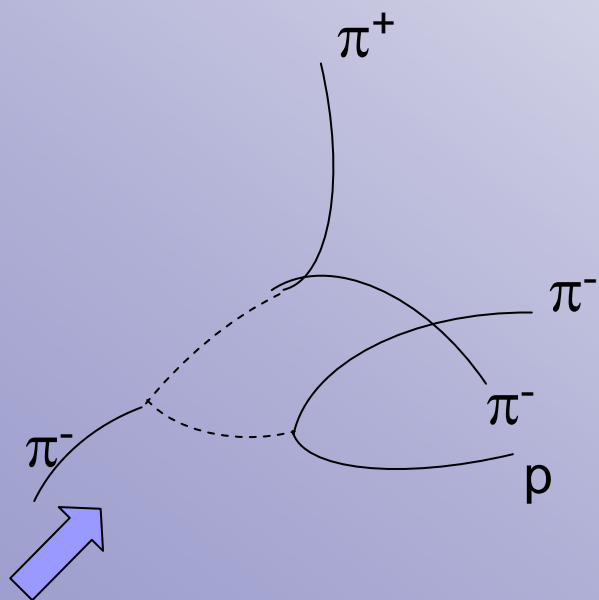
Od čega su sastavljene čestice teže od protona i neutrina, a koje definitivno postoje ili se mogu proizvesti?

Kako znamo da postoje takve čestice?

Radiohemija i nuklearna hemija

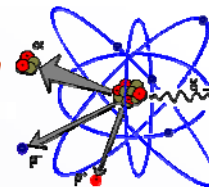


Zapis u detektoru akceleratora
u sudaru π^- mezona i protona

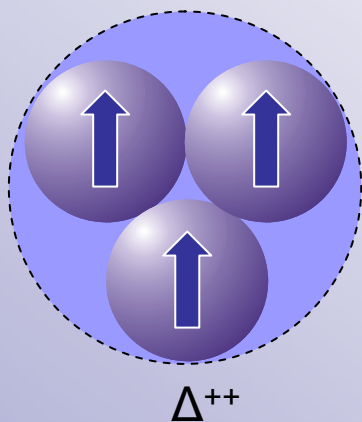


I obrnuto. Kinetička energija kreira masu.

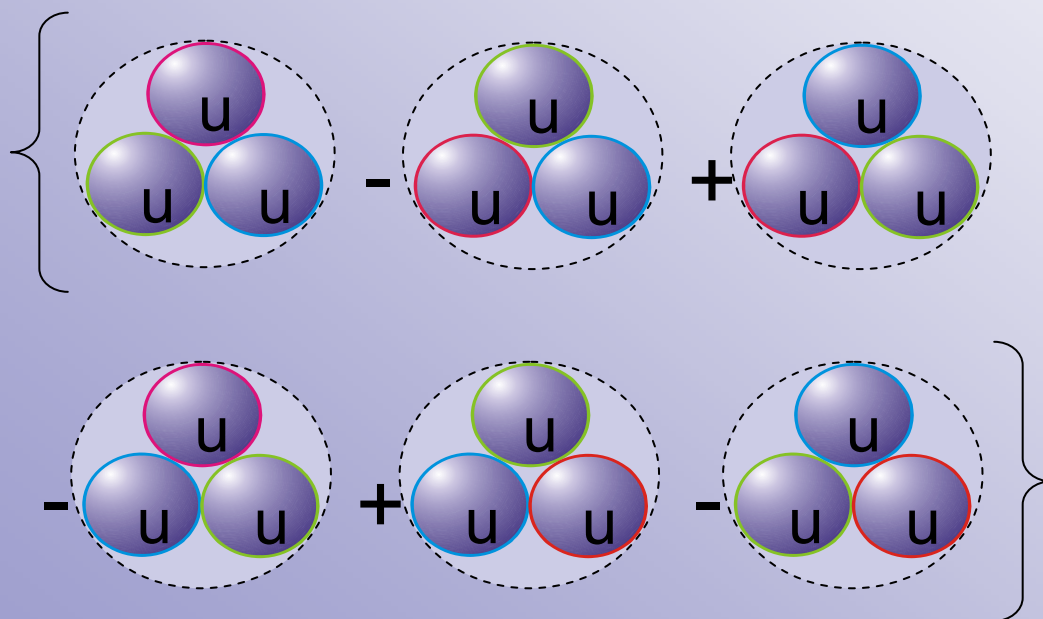
I tako smo stigli do novih generacija
leptona i pokušaja da se objasni svemir

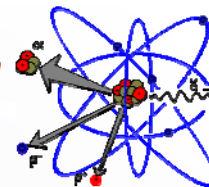


Kvantna hromodinamika (QCD) ili kako su kvarkovi dobili boje



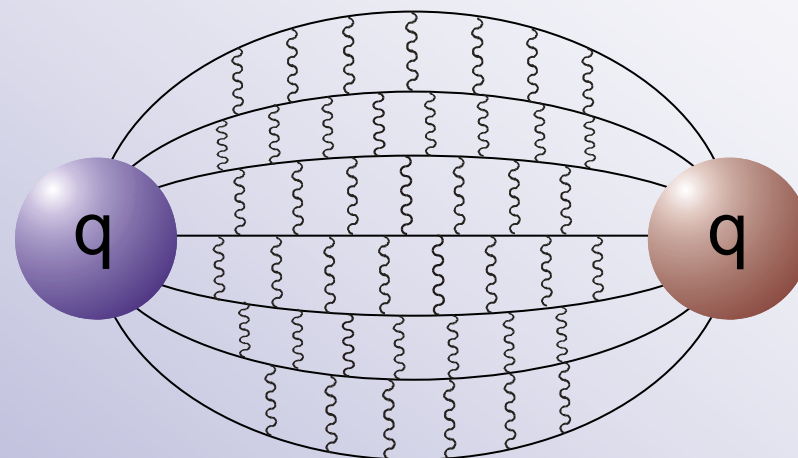
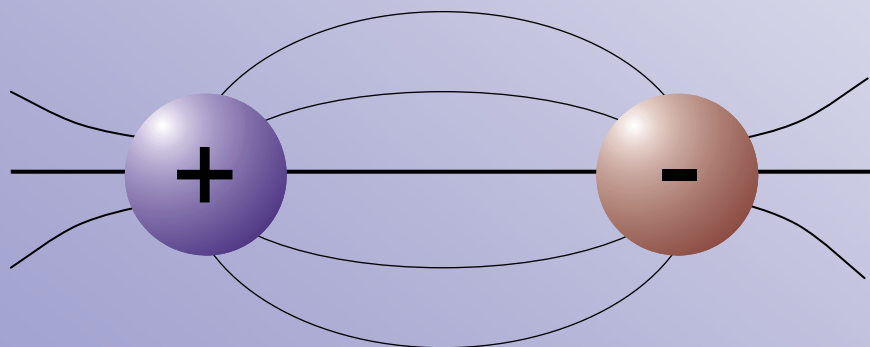
Ovo ne može jer narušava Paulijev princip isključenja



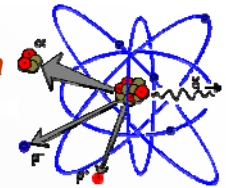


Čudni događaji u interakciji kvarkova

Gluoni iteraguju međusobno

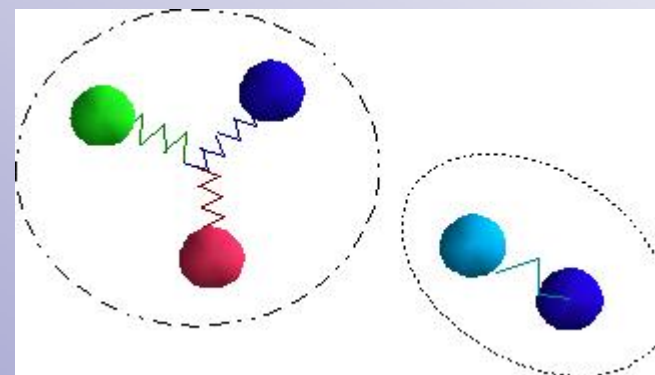
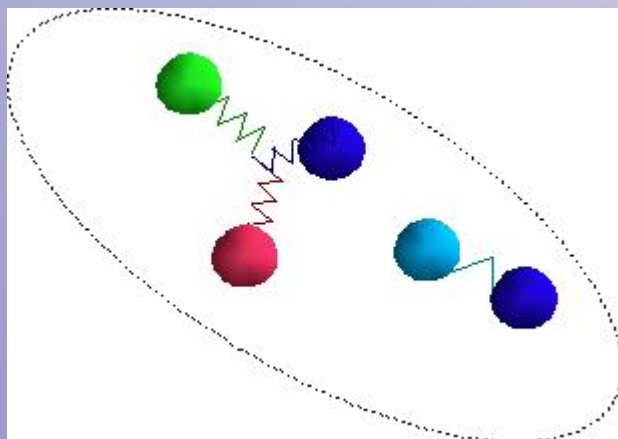
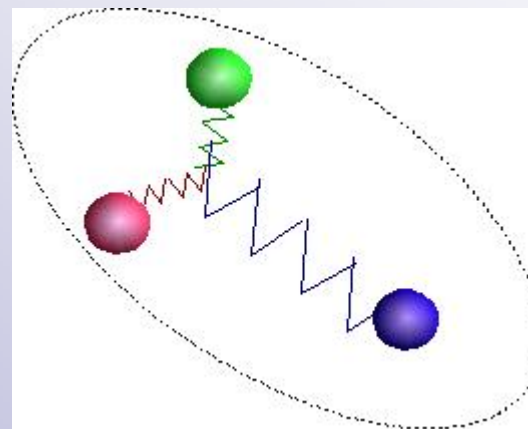
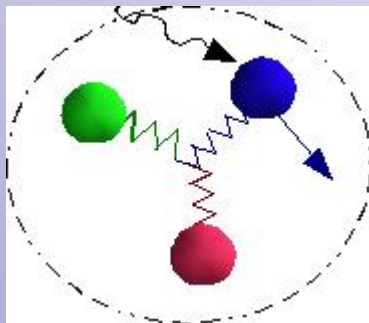


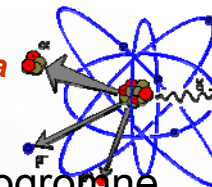
Zašto nema slobodnih kvarkova?



Zbog QCD – nuleoni su ‘beli’, a kvarkovi ‘obojeni’, a nijedna slobodna čestica ne može biti obojena

Pretvaranje energije upadnog zračenja na nukleonu u kreiranje kvark-antikvark strukture (mezon)





Leptoni druge i treće generacije su vezani za procese u svemiru koji podrazumevaju ogromne energije

tip fermiona	naelektrisanje	masa
μ	-1	105.658 MeV
ν_μ	0	< 2 eV
c	2/3	~ 1.3 GeV
d	-1/3	~ 100 MeV

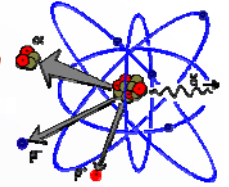
Uz prvu generaciju leptona, ovo bi trebalo da predstavlja kompletan spisak elementarnih čestica

tip fermiona	naelektrisanje	masa
τ	-1	1.777 GeV
ν_τ	0	< 2 eV
b	2/3	171.4 GeV
t	-1/3	~ 4.2 GeV

Da li imamo objedinjenu teoriju elektroslabih i jakih sila (GUT) – NE

Zašto? – Sve do sada nismo imali dovoljno moćan akcelerator

Gravitaciona sila



Zanemarljiva u svetu mikročestica, ali ne i u smislu pitanja da li postoji bozon gravitacione sile, odnosno da li postoji kvantna teorija gravitacije.



Veliki prasak, crne rupe (singulariteti), objedinjavanje Ajnštajnovе opšte teorije gravitacije i kvantne mehanike, Higsovi bozoni, super strune, ima li Boga, itd.

Ne znamo, ali se trudimo