

## 2-mavzu: Mikrodoniyodagi o'ziga xosliklar.

**Tayanch iboralar:** mikroolam, o'zaro ta'sir turlari, adronlar, rezonans zarralar.

Olamning asosi nimadan iborat, ya'ni atrofimizni o'rab turgan barcha mavjudotlar qanday tuzilgan degan savol qadim zamonlardan odamlar ongini band qilib kelgan. Bu savolga birinchi bo'lib, grek faylasuflari javob berishga harakat qilishgan. Ulardan birlari olam 4ta unsur - havo, suv, tuproq, va olovdan tashkil topgan (Anaksimen) deyishsa, boshqalari esa olam strukturaga ega bo'lmagan va eng kichik bo'linmas atomlardan (Demokrit) tuzilgan degan g'oyalarni ilgari surishgan. 19 - asrda Mendeleyev tomonidan elementlar davriy jadvalining tuzilishi, ma'lum ma'nodafaylasuflar g'oyalarini tasdiqladi. Lekin olamni Mendeleyev jadvali elementlari orqali tushuntiradigan bo'lsak, uning juda murakkabligini sezamiz. Bu ximiyaviy elementlar xossalariining takrorlanishi ham ularning asosida yanada fundamental tuzilmalar borligini bildiradi. 19 -asr oxirida, aniqrog'i 1896 yili A.Bekkerel tomonidan radioaktivlik hodisasining ochilishi va bu hodisaning keyinchalik keng ko'lamda o'rganilishi elementar zarralar fizikasida katta yutuq bo'ldi. Shu yildan boshlab, to 1932 yilgacha atom tuzilishi to'laligicha o'rganib bo'lindi va 1932 yildan keyingi davr yadro fizikasi erasi deb ataladigan bo'ldi. Endi to 1932 yilgacha bo'lgan muhim yutuqlarni sanab o'tamiz.

1. Barcha moddalar  $10^{-10}$  m o'lchamli neytral zarralar - atomlardan tuzilgan. Bu fakt 19 - asrdayoq to'la tasdiqlangan edi.
2. Lekin, atom qadimgi faylasuflar faraz qilgandek bo'linmas, strukturasiiz tuzilma bo'lmay, balki murakkab kvant - mexanik ob'yektdir.
3. Atomning tarkibiy qismi uning elektron qobig'i bo'lib, uning umumiy zaryadi  $Z_e$  ga teng (1913 y. N.Bor, 1915 - 1916 y. A.Zommerfeld) va shu bilan birga u atomning barcha kimyoviy va fizikaviy xususiyatlarni belgilaydi.
4. Atom markazida o'lchami  $\approx 10^{-15}$  m ga teng yadro mavjud bo'lib, uning zaryadi  $+Z_e$  ga teng (1911 - 1914 E. Rezerford).
5. Atom yadrosi  $Z$  protonlar  $A-Z$  - neytronlardan iborat, ya'ni  $Zp + (A-Z)n = A$  ta zarralardan iborat.

Bu tasdiq yadroning proton — neytron modelining mazmunini tashkil qiladi (1932 yili D.Ivanenko va Ye.Gapon tomonidan taklif qilingan). Bungacha esa yadroning proton - elektron modeli mavjud bo'lib, unga ko'ra yadro  $Ap + (A-Z)e = (2A-Z)$  zarradan iborat deb qaralgan. Elektronlarning qobiqlardagi bog'lanish energiyasi eV larda, proton va neytronlarning bog'lanish energiyasi MeV larda o'lchanadi. Shu sababli atom yadrolari turg'un tuzilmadir.

Atom tuzilishi va uning xususiyatlarini o'rganish natijasida atomni tashkil qilgan tarkibiy qismlar ham o'rganila borildi. Elektronning ochilishi 1897 yil bilan belgilanib, uni J. Tomsonning katod nurlarining q/m solishtirma zaryadini o'lchash tajribasi bilan bog'lashadi. Lekin elektronning mavjudligi 1911 yili R. Millikenning uning zaryadini o'lchashi bilan to'la tasdiqlandi.

1919 yili E. Rezerford  $^{14}_7N$  - azot atomining  $^4_2He - \alpha$  zarralar bilan to'qnashishidan hosil bo'lgan  $^1_1H$  - vodorod atomi azot atomiga tegishli degan fikrga keldi, ya'ni  $^4_2He + ^{14}_7N \rightarrow ^{17}_8O + ^1_1H$ . U hosil bo'lgan vodorod atomi yadrosini proton (grekcha protos — birinchi) deb atadi.

1920 yili Rezerford massasi protonga teng va zaryadi nolga teng bo'lgan zarracha mavjud bo'lishini bashorat qildi. Bu zarracha neytron deb ataldi va ancha izlanishlardan so'ng 1932 yili J. Chedvik tomonidan tajribada kuzatildi. U 1930 yili V. Bote va G. Beker tomonidan o'tkazilgan berilliy elementini  $\alpha$  - zarralar bilan bombardimon qilganda qattiq neytral nurlanish hosil bo'lishi tajribasini takrorladi. Hosil bo'lgan neytral nurlanishning  $\gamma$  - nurlanish emas, balki neytral massiv zarralar oqimi ekanligini tasdiqladi.

Foton atom tarkibiga kirmaydi va atomdagi elektron o'tishlarda hosil bo'ladi yoki yutiladi. Foton M. Plank tomonidan fanga kiritilgan va A. Komptontajribalaridan keyingina elementar zarracha sifatida qabul qilindi. M. Plank jismlarning issiqlik nurlatish xususiyatini o'rganish natijasida ularning yorug'likni uzluksiz emas, balki diskret, ya'ni porsiyalar -  $E = h\nu$  energiyali kvantlar ko'rinishida yutishi va chiqarishi to'g'risidagi tasavvurni shakllantirdi. Bu tasavvurga asoslanib, A. Eynshteyn fotoeffekt hodisasini tushuntirdi. 1922 yili A. Kompton rentgen nurlarining erkin elektronlarda sochilishida ular chastotasining o'zgarishini kuzatdi va uning nazariyasini yaratdi. Foton to'liq xususiyatga egaligi, tug'ilish va yutilish xossalari ularni dastlabki davrlarda zarracha deb qabul qilishga imkon bermadi. Lekin tez orada bunday xususiyatlar boshqa zarralar uchun ham xosligi ayon bo'ldi.

Graviton  $G$  - gravitatsion ta'sir tashuvchisi, elementar zarralar olamida gravitatsion ta'sirining o'ta kuchsizligi sababli, bu zarracha tajribada haligacha kuzatilmagan.

1930 yili P. Dirak tomonidan antizarralar, ya'ni har qanday zarrachaning qarama — qarshi ishorali zaryadga ega bo'lgan jufti mavjudligi aytiladi. 1932 yili esa K. Anderson tomonidan birinchi antizarracha —  $e^+$  tajribada kuzatildi.

1935 yili yapon fizigi X. Yukava tomonidan yadro kuchlari tabiatini tushuntirish uchun  $\pi^+, \pi^0, \pi^-$  mezonlarkiritildi. Zaryadlangan pionlar 1947 yili, neytral pion esa 1950 yili tajribada topildi. 1930 yili K. Anderson va S. Nedermayyer tomonidan myuon (myu - mezon) tajribada kuzatildi. 1930 yili V. Pauli tomonidan

$\beta$  – parchalanishni tushuntirish maqsadida  $\nu$ -neytrino tushunchasi fanga kiritildi. Va 1950 yillarning o'rtalaridagina bu zarracha tajribalarda kuzatildi.

Shunday qilib, 1940 yillar oxiriga kelib elementar zarralar soni 15 tagacha yetdi. Lekin koinot nurlari bilan bo'ladigan jarayonlarni o'rganish va elementar zarralarni tezlashtiruvchi texnikaning taraqqiyoti yanada yangi elementar zarrlarning ochilishiga olib keldi. 1950 yillarning o'zida 15 tagacha yaqin yangi zarralar kashf qilindi, 1960 yillarning o'rtalariga kelib, elementar zarralar soni Mendeleyev davriy sistemasi elementlari sonidan ham oshib ketdi. Bu holat yanada soni oshib borayotgan elementar zarralarning «elementar»ligini, ya'ni haqiqatda ham strukturaga ega emasligini shubha ostiga qo'ydi. Elementar zarra deganda strukturaga ega bo'lmagan va boshqa o'zidan mayda zarraga bo'linmaydigan zarra tushuniladi. Shu sababli, fiziklar hozirgacha elementar zarra deb e'tirof etilgan zarralar aslida elementar bo'lmasdan yanada fundamental, bo'linmas zarralardan tashkil topgan bo'lishi mumkin degan fikrga kelishdi. Shu o'rinda elementar zarralarning hozirgi paytdagi kvarklar nuqtai - nazardan ixcham sistematikasiga kelishidan oldingi holdagi klassifikatsiyasi va o'zaro ta'sir turlariga to'xtalib o'tamiz. Umuman, zarralar fizikasida 4 xil fundamental o'zaro ta'sir turi mavjud.

1. **Kuchli o'zaro ta'sir.** Bu ta'sirda qatnashuvchi zarralar **adronlar** deb ataladi. Bu o'zaro ta'sir proton va neytronlarni yadroda ushlab turadi. Yoki kvarklar shu kuch orqali bog'lanib adronlarni tashkil qiladi.

2. **Elektromagnit o'zaro ta'sir.** Bu ta'sirda asosan zaryadlangan zarralar qatnashadi. Lekin neytral zarralar ham o'z strukturasi ga egaligi sababli bu ta'sirda qatnashishi mumkin. Masalan, neytron murakkab strukturaga egaligi, ya'ni shu sababli magnit momentiga egaligi sababli elektromagnit o'zaro ta'sirda qatnashadi. Bu ta'sir hozirgi paytda eng yaxshi o'rganilgan ta'sir turi hisoblanadi.

3. **Kuchsiz o'zaro ta'sir.** Bu ta'sir deyarli barcha zarrachalarga xosdir. Bu ta'sir ostida sodir bo'ladigan jarayonlar ancha sekin yuz beradi. Atom yadrolarining  $\beta$  – parchalanishi kuchsiz o'zaro ta'sirga misol bo'ladi.

4. **Gravitatsion o'zaro ta'sir** universaldir. Bu ta'sirda barcha zarralar qatnashadi.

Har qanday o'zaro ta'sir uchta kattalik bilan xarakterlanadi. Bu kattaliklar - ta'sir intensivligi, ta'sir radiusi, ya'ni ta'sirlashish masofasi va o'zaro ta'sirlashish vaqtidir. O'zaro ta'sir mexanizmini ham hisobga olgan holda bu kattaliklar jadvalda keltirilgan.

Ta'sir turi	Mexanismi	Intensivligi	Ta'sir radiusi (m)	Ta'sir vaqti (sek)
-------------	-----------	--------------	--------------------	--------------------

Kuchli	Glyuonlar	$10^{-1} \div 10^1$	$\approx 10^{-15}$	$\approx 10^{-22} \div 10^{-23}$
Electromagnit	Foton	$\frac{1}{137}$	$\infty$	$\approx 10^{-20}$
Kuchsiz	Oraliq $W^{\pm}, Z^0$ bozonlar	$\approx 10^{-10}$	$\approx 10^{-17}$	$\approx 10^{-13}$
Gravitatsion	Graviton	$\approx 10^{-38}$	$\infty$	?

Endi shu jadvaldagi kattaliklar va o'zaro ta'sir mexanizmini izohlab o'tamiz, Kuchli ta'sir proton va neytronni yadroda, hamda kvarklarni adronlarda ushlab turadi. Bu mexanizmga keyinchalik alohida ham to'xtalib o'tamiz. Hozirgi zamon fizikasi nuqtai - nazaridan yadroda proton va neytronlar o'zaro  $\pi$  – mezonlar bilan almashish hisobidan ushlab turiladi. Proton va neytron esa kvarklardan tuzilgan bo'lib (shu jumladan barcha adronlar) ular, ya'ni kvarklar shu zarralar ichida glyuonlar (inglizchadan glue -yelim, kley) orqali bog'lanib turadi. Endi proton va neytronlar orasidagi  $\pi$  – mezon almashish kuchlariga kelsak, bu mezonlar glyuon kuchlarining katta masofa, yani  $\approx 10^{-15}$  m dan katta bo'lgan masofadagi «qoldiq» kuchlari deb qaraladi. Endi kuchli ta'sirning intensivligiga kelsak,  $\alpha_s$  – «yuguruvchi» o'zaro ta'sir doimiysi deb ataladiva boshqa o'zaro ta'sir doimiyliklaridan qiymatining masofa o'zgarishiga qarab o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Shu sababli  $\alpha_s$  – «yuguruvchi» o'zaro ta'sir doimiysi deyiladi va 0,1 dan 10 gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi, yani  $\alpha_s = 10^{-1} \div 10^1$ . Bu yerda S-“strong” kuchli degani. Bu ta'sir aytib o'tganimizday  $\approx 10^{-15}$  m masofada namoyon bo'ladi va o'zaro ta'sir vaqti  $\approx 10^{-22} \div 10^{-23}$  s ga teng.

Elektromagnit ta'sir zaryadlangan va ma'lum strukturali (masalan, neytron - elektro neytral zarra bo'lishiga qaramasdan magnit momentiga ega) zarralar orasida sodir bo'lib, bu ta'sir fotonlar orqali amalga oshadi. Ta'sir

intensivligi  $\alpha = \frac{1}{137}$ -nozik struktura doimiysi bilan xarakterlanadi. Bu ta'sir masofasi  $\infty$ -cheksiz bo'lib, o'zarota'sirlashish vaqti  $\approx 10^{-20}$  s ga teng.

Kuchsiz ta'sirda deyarli barcha zarralar qatnashadi va bu ta'sir  $W^{\pm}$  ba  $Z^0$ -bozonlar orqali amalga oshadi. Ta'sirintensivligi  $G_F \approx \frac{10^{-5}}{m_p^2}$ -Fermi doimiysi orqalixarakterlanadi, bu yerda  $m_p$  - proton massasi. Bu o'zaro ta'sir masofasi  $\approx 10^{-17}$  m bo'lib, juda sust, ya'ni  $\approx 10^{-13}$  svaqt oralig'ida sodir bo'ladi.

Elementar zarralar olamida gravitatsion ta'sir juda ham sust bo'lib, o'zini deyarli namoyon qilmaydi, uning ta'sir vaqti aniqlanmagan, intensivligi  $\approx 10^{-38}$  ga

teng, ta'sirmasofasi esa  $\infty$  dir. Massasi Plank massasidan, ya'ni,  $m_{pl} \approx 10^{19} \text{ GeV}$  dan katta jismlar uchungina gravitatsion ta'sirsezilarli bo'ladi.

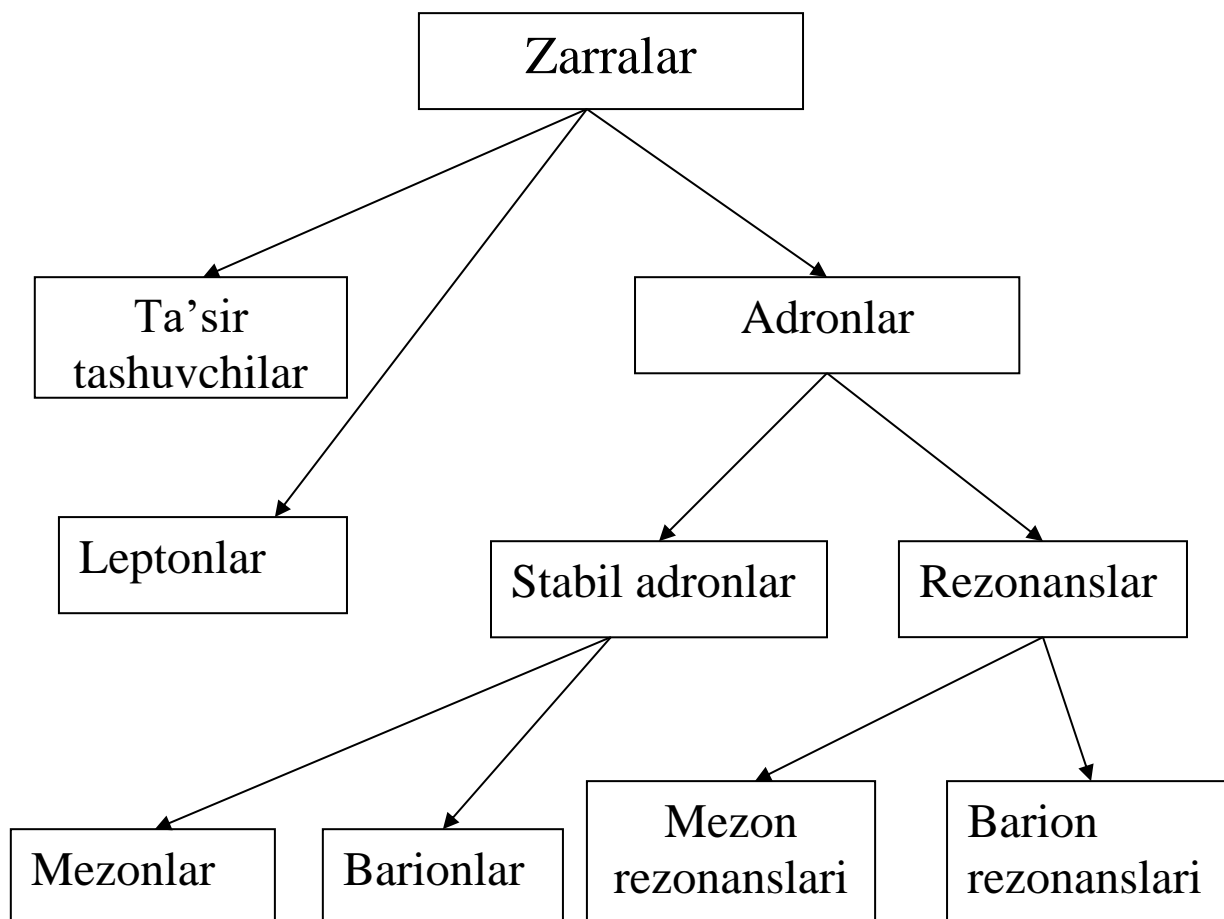
Endi bevosita elementar zarralar klassifikatsiyasini qaraymiz. Kuchli ta'sirda (aniqrog'i elektromagnit va kuchsiz ta'sirda ham, yani barcha o'zaro ta'sirlarda) qatnashuvchi elementar zarralarga adronlar deyiladi. Adronlar o'z navbatida barionlar va mezonlarga bo'linadilar. Barionlar o'z navbatida nuklonlar (proton va neytronning umumiy nomi), giperonlar va rezonanslarga bo'linadilar, Giperonlar massasi protondan og'ir bo'lgan zarralardir. Ularga lyambdagiperon- $\Lambda^0$ , sigma giperonlar- $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^-$ ,  $\Sigma^0$ , ksi - giperonlar - $\Xi^0$ ,  $\Xi^-$  kiradi. Giperonlarning o'rtacha yashash vaqti  $\tau \approx 10^{-10}$  s gateng. Rezonanslarning o'rtacha yashash vaqti juda kichik bo'lib,  $\tau \approx 10^{-24} \div 10^{-22}$  s ga teng. Ular o'tgan asrning 60 -yillarida ochilgan bo'lib, hozirda ular soni 300 dan ortiq. Nuklonlar va giperonlar yashash vaqti rezonanslarnikiga qaraganda ancha kattaligi uchun ular stabil zarralar deb ataladi. Proton haqiqiy stabil zarra hisoblanib, hozirgi vaqtda uning yashash vaqti  $\tau > 10^{34}$  yildan katta hisoblanadi.

Neytron esa erkin holatda  $\sim 15$  minut atrofida yashaydi. Mezonlar ham o'z navbatida stabil va rezonans mezonlarga bo'linadi. Stabil mezonlarga  $\pi^+$ ,  $\pi^0$ ,  $\pi^-$ ,  $\eta^0$ ,  $K^+$ ,  $K^0$ ,  $D^+$ ,  $D^0$ ,  $D_s^0$  – mezonlar taaluqlidir. Ularning yashash vaqti  $\approx 10^{-8} \div 10^{-13}$  s vaqt intervalida yotadi. Rezonans mezonlarga esa  $\eta'$ ,  $\rho$ ,  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $K^*$ ,  $D^*$ ,  $J/\psi$  kabi mezonlar misol bo'ladi. Umuman, barion va mezon rezonanslarining yashash vaqti  $\tau \approx 10^{-23} \div 10^{-24}$  s oralig'ida yotadi. Ular juda qisqa vaqt mobaynida yashashiga qaramasdan ma'lum spin va juftlikka ega bo'lib, ma'lum ichki kvant sonlariga ham ega va shu sababli ham ularni elementar zarralar deb qaraladi. Rezonanslar aniq massaga ega emas va uzluksiz massa spektriga ega. Shu spektrning maksimumiga to'g'ri keluvchi qiymat rezonans massasi deb qabul qilinadi.  $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau}$  ifodaga ko'ra, odatda jadvallardarezonanslarning yashash vaqti o'rniga ularning parchalanish ehtimolligi -  $\Gamma$  keltiriladi. Kuchli o'zaro ta'sirda qatnashmaydigan zarralarga leptonlar deyiladi. Hozirgi paytda 3 oila (avlod) leptonlar mavjud:

$$\begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau^- \\ \nu_\tau \end{pmatrix} \text{ va ularning antizarralari } \begin{pmatrix} e^+ \\ \bar{\nu}_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^+ \\ \bar{\nu}_\mu \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau^+ \\ \bar{\nu}_\tau \end{pmatrix}.$$

Elektron va positron -  $e^-$ ,  $e^+$ ,  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$  neytrinolar ularning antineytrinolari stabil,  $\mu^-$ ,  $\mu^+$  - mezonlar va  $\tau^-$ ,  $\tau^+$  - leptonlar stabil emas. Barcha nostabil zarralarning yashash vaqti odatda jadvallarda keltiriladi. Leptonlar strukturaga ega emas. Shu ma'noda ular haqiqiy elementar - fundamental zarralardir, Masalan  $\approx 10^{-18}$  m masshtabda (zamonaviy tezlatgichlarda erishish mumkin bo'lgan energiyalarda) ham elektron strukturaga ega emasligini namoyon qilgan. Elektron, positron,  $\mu^-$ ,  $\mu^+$  - mezonlar va  $\tau^-$ ,  $\tau^+$  - leptonlar elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirda, neytrinolar va antineytrinolar esa faqat kuchsiz o'zaro ta'sirda qatnashadilar. Shunday qilib,

hozircha zarralar klassifikatsiyasini ko'z oldimizga keltirish uchun quyidagi jadvalni ilova qilishimiz mumkin.



Adronlar va leptonlar o'zlarining antizarrachalariga ega. Agar zarra va antizarra ustma - ust tushsa, ya'ni barcha xususiyatlari bir xil bo'lsa haqiqiy neytral zarra deyiladi. Masalan,  $\pi^0$  - mezon haqiqiy neytral zarradir, ya'ni  $\pi^0 = \bar{\pi}^0$ , lekin neytron haqiqiy neytral zarra emas  $n \neq \bar{n}$ . Zarralarning bu xususiyatiga keyinroq to'xtalib o'tamiz. Biz qarab chiqqan klassifikatsiyalash zarralarning o'zaro ta'sirlarda qatnashishiga qarab klassifikatsiyalanishi edi. Bundan tashqari ular yashash vaqti hamda spiniga qarab ham klassifikatsiyalanadilar. Ular yashash vaqtiga qarab uch guruhga bo'linadilar.

1. Absolyut stabil zarralar. Hozirda foton, elektron, uch turdagi neytrino va proton va ularning antizarralari haqiqiy stabil zarra deb qaraladi. Ular boshqa zarralarga hech qachon parchalanmaydilar.

2. Stabil zarralar. Stabil zarralar uchun xarakterli yashash vaqti  $\approx 10^{-5} \div 10^{-8}$  s bo'lib ularga asosan  $\pi^+, \pi^0, \pi^-, \eta^0, K^+, K^0$  – mezonlar misol bo'la oladi.

3. Resonans zarralar yoki rezonanslar. Rezonans zarralar uchun xarakterli yashash vaqti  $\approx 10^{-15} \div 10^{-18}$  s bo'lib ularga  $D^+, D^0, D_s^0$  – mezonlarni kiritsa bo'ladi. Stabil zarralarning nomi ularning rezonans zarralarga nisbatan taxminan 10 tartib uzoq yashashi sababli shunday deb atalgan.

Zarralar spiniga qarab fermionlar va bozonlarga bo'linadilar. Fermionlar kasr spinga, bozonlar esa butun spinga ega. Shu ma'noda leptonlar, barionlar, kvarklar fermionlardir. Ta'sir tashuvchilar, mezonlar bozonlarga kiradi.