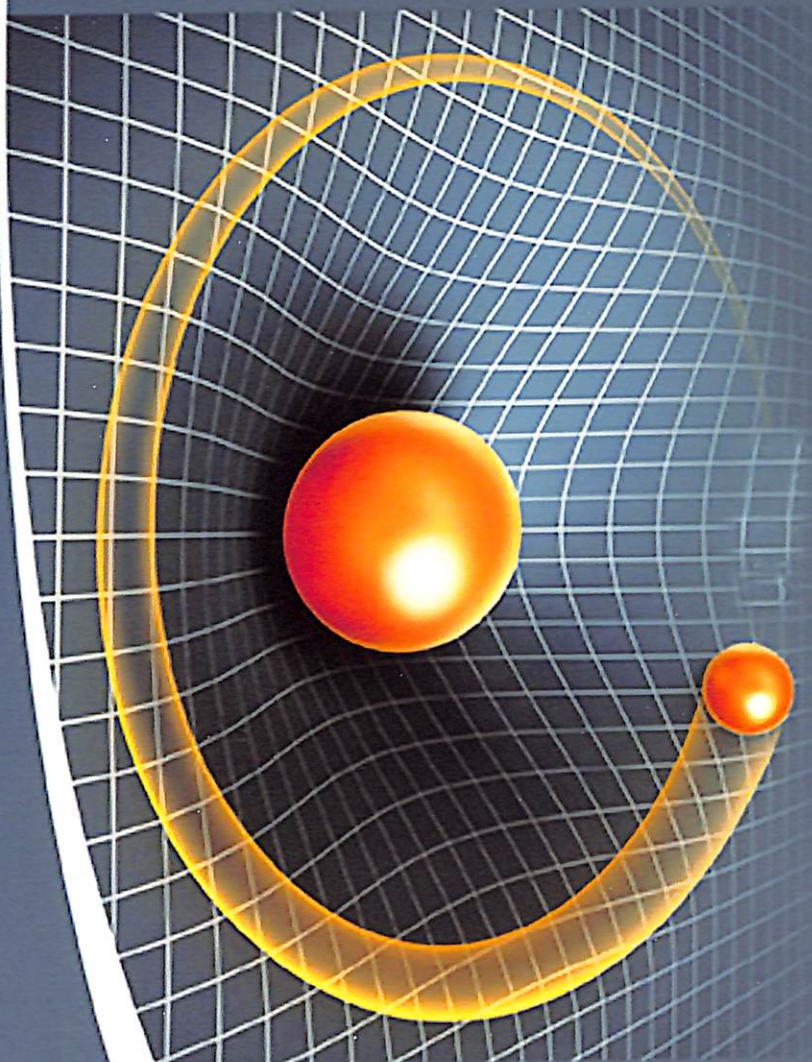


539
N-87

Nasriddinov K.R. Madaliyev A.M.

UMUMIY FIZIKA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI ASOSLARI



539.12
N-27

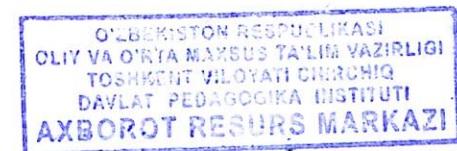
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT VILOYATI
CHIRCHIQ DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

Nasriddinov K.R. Madaliyev A.M.

**UMUMIY FIZIKA
ELEMENTAR ZARRALAR
FIZIKASI ASOSLARI**

Pedagogika oliy ta'lim muassasalari uchun o'quv qo'llanma



TOSHKENT
«ISHONCHLI HAMKOR»
2021

UO'K: 539.12(075.8)

KBK: 22.382я73

N 27

O'quv qo'llanmada pedagogika instituti talabalari uchun o'quv rejaga asosan o'tiladigan umumiy fizika kursining "elementar zarralar fizikasi asoslari" bo'limining nazariy asoslari bayon qilingan.

Nasriddinov K.R. – Toshkent viloyati Chirchiq davlat pedagogika instituti professori, f.-m.f.d., professor

Madaliyev A.M. – Muqimiy nomidagi Qo'qon davlat pedagogika instituti Fizika va astronomiya kafedrasida o'qituvchisi

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021-yil 31 maydagi 237-sonli buyrug'iga asosan o'quv qo'llanma sifatida nashrga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9943-7092-8-7

KIRISH

Ushbu o'quv qo'llanma pedagogika oliy ta'lim muassasalari 5110200 – Fizika va astronomiya ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, Elementar zarralar fizikasini nazariy va amaliy mashg'ulotlar asosida o'zlashtirish samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan. Ma'lumki, Elementar zarralar fizikasi fizikaning eng yosh va jadal rivojlanayotgan sohasi hisoblanadi. Zarralar fizikasi jarayonlari murakkabligi bilan ajralib turadi. Fizikaning boshqa bo'limlariga qaraganda o'rganuvchidan yuqori darajadagi tasavvurlarni talab qiladi. Shu sababli ham bo'limning nazariy qismi talabalar tomonidan o'zlashtirilishi ancha qiyin kechadi. Bunga Elementar zarralar fizikasi bo'limi o'rganadigan jarayonlarning ko'zga ko'rinmasligi va tasavvurlarga asoslanganligini asosiy sabab sifatida ko'rsatish mumkin. Umuman olganda fizikadan amaliy mashg'ulotlarda nazariy materiallar har tomonlama mustahkamlanadi. Talaba ma'ruza mashg'ulotlarida olgan bilimlarini mustahkamlash, ko'nikmalar hosil qilish va baholash imkoniga ega bo'ladigan amaliy mashg'ulotlarda masala yechishga e'tibor qaratiladi. Fizikada masalalar har bir bo'limda mavjud bo'lib, bu bo'limlarni o'zida mujassam qilgan turli masalalar to'plamlari mavjud. Masalan, pedagogika oliy ta'lim muassasalari uchun umumiy fizika kursidan namunaviy dasturda ko'rsatilganidek, M.S.Sedrik tahriri ostida, A.G.Chertov va A.A.Vorobev hammuallifligida hamda V.S.Volkenshteynlarning Umumiy fizika kursidan masalalar to'plamlaridan foydalanish talab etiladi. Ushbu ko'rsatilgan adabiyotlarni o'rganishimiz natijasida ularda Elementar zarralar fizikasiga doir masalalar qisqa berilganligini ko'rishimiz mumkin.

Ushbu o'quv qo'llanmada elementar zarralar olamida sodir bo'ladigan jarayonlarni batafsilroq tushuntirishga yo'naltirilgan qisqacha nazariy ma'lumot, ayrim masalalarning yechilish yo'llari bayon qilingan va talabalar mustaqil yechishi uchun masalalar, nazariy ma'lumotlarni mustahkamlovchi sinov savollari va testlar keltirilgan. Qo'llanma so'ngida ilova ko'rinishida izohli lug'at, asosiy kattaliklar, zarralar xarakteristikalari, turli kattaliklar orasidagi bog'lanishlar keltirilgan bo'lib, ular bevosita masalalar yechishda talabalarga qo'l keladi. Ayrim mavzular zarralar xususiyatlari to'grisida to'liq ma'lumot berish maqsadida keltirilgan va (*) belgisi bilan belgilangan. Bu mavzular Zarralar fizikasiga qiziqishi bo'lgan talabalar uchun ma'lumot sifatida keltirilgan.

Ushbu qo'llanmadan o'qituvchilar va magistr talabalar ham foydalanishlari mumkin.

ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASINING RIVOJLANISH TARIXI VA ELEMENTAR ZARRA TUSHUNCHASI

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 4 ta unsur – havo, suv, tuproq va olovdan tashkil topgan (Anaksimn. Miletlik Anaksimn. Taxminan miloddan avvalgi 585–525 yillar. Qadimgi yunon faylasufi) deyishsa, boshqalari esa Olam strukturaga ega bo'lmagan va eng kichik bo'linmas atomlardan (Demokrit. Demokrit Milloddan avvalgi 460–360 yillar. Qadimgi yunon faylasufi) tuzilgan degan g'oyalarni ilgari surishgan. XIX asrda D.I.Mendeleyev tomonidan elementlar davriy jadvalining tuzilishi ma'lum ma'noda faylasuflarning atomizm g'oyalarini tasdiqladi. Lekin Olamni Mendeleyev jadvali elementlari orqali tushuntiradigan bo'lsak, uning juda murakkabligini sezamiz. Bu kimyoviy elementlar xossalari taktiralanishi ham ularning asosida yanada fundamental tuzilmalar borligini bildiradi. XIX asr oxirida, aniqrog'i 1896–yili A.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'raligicha o'rganib bo'lindi va 1932–yildan keyingi davr yadro fizikasi erasi deb ataladigan bo'ldi, ya'ni bu davrda atom yadrolarining xususiyatlari o'rganildi.

Quyida 1932–yilgacha bo'lgan muhim yutuqlarni sanab o'tamiz.

1. Barcha moddalar 10^{-10} m o'lchamli neytral zarralar – atomlardan tuzilgan. Bu fakt XIX asrdayoq to'la tasdiqlangan edi.

2. Lekin, atom qadimgi faylasuflar faraz qilganidek bo'linmas, strukturasisiz tuzilma bo'lmay, balki murakkab kvant – mexanik ob'yektidir.

3. Atomning tarkibiy qismi uning elektron qobig'i bo'lib, umumiy zaryadi Z_e ga teng (Z atomning tartib raqami) va shu bilan birga u atomning barcha kimyoviy va fizikaviy xususiyatlarini belgilaydi (1913–y. N.Bor va 1915–1916–y. A.Zommerfeld).

4. Atom markazida o'lchami $\approx 10^{-15}$ m ga teng yadro mavjud bo'lib, uning zaryadi $+Z_e$ ga teng (1911 – 1914 y. E. Rezerford).

5. Atom yadrosi Z protonlar ($A - Z$) – neytronlardan iborat, ya'ni

$Z_p + (A - Z)n = A$ ta zarralardan iborat.

Bu tasdiq yadroning proton – neytron modelining mazmunini tashkil qiladi (1932–y. D.Ivanenko va Ye.Gapon tomonidan taklif qilingan).

Bungacha esa yadroning proton – elektron modeli mavjud bo'lib, unga ko'ra yadro $A_p + (A - Z)e = (2A - Z)$ zarradan iborat deb qaralgan.

Elektronlarning qobiqlardagi bog'lanish energiyasi (eV) larda, proton va neytronlarning yadrolardagi bog'lanish energiyasi (MeV) larda o'lchanadi. Shu sababli atom yadrolari turg'un tuzilmadir [1].

Atom tuzilishi va uning xususiyatlarini o'rganish natijasida atomni tashkil qilgan tarkibiy qismlar ham o'rganila borildi. Elektronning kashf qilinishi 1897–yil bilan belgilanib, uni J.Tomsonning katod nurlarining $\frac{q}{m}$ solishtirma zaryadini o'lchash tajribasi bilan bog'lashadi. Elektron XIX asrda kashf qilingan yagona elementar zarra hisoblanadi. Lekin elektronning mavjudligi 1911–yili R.Milliken tomonidan uning elektr zaryadini o'lchashi bilan to'la tasdiqlandi.

1919–yili E.Rezerford $^{14}_7N$ -azot atomining α -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 proton massasiga teng va zaryadi nolga teng bo'lgan zarra mavjud bo'lishini bashorat qildi. Bu zarra 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 α - zarralar bilan bombardimon qilganda qattiq neytral nurlanish hosil bo'lishi tajribasini takrorladi. Hosil bo'lgan neytral nurlanishning γ - nurlanish emas, balki neytral massiv zarralar oqimi ekanligini tasdiqladi [1].

Foton atom tarkibiga kirmaydi, lekin atomdagi elektron o'tishlarda hosil bo'ladi yoki yutiladi. Foton M.Plank tomonidan fanga kiritilgan va A.Kompton tajribalaridan 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 - $E = hv$ 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. Fotonning to'lqin 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 edi. Lekin 2016-yilda LIGO va VIRGO kollaborasiyalari tomonidan gravitatsion to'lqinlarning tajribada kuzatilganligi e'lon qilindi va hozirda ularni yanada mukammal o'rganish ishlari amalga oshirilmoqda.

1930-yili P.Dirak tomonidan antizarralar, ya'ni har qanday zarrachaning qarama qarshi ishorali zaryadga ega bo'lgan jufti mavjudligi bashorat qilindi. 1932-yili esa K.Anderson tomonidan birinchi antizarra pozitron (e^+) tajribada kuzatildi.

1935-yili yapon fizigi X.Yukava tomonidan yadro kuchlari tabiatini tushuntirish uchun fanga π^+ , π^0 , π^- - mezonlar kiritildi. 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 β -parchalanishni tushuntirish maqsadida ν -neytrino tushunchasi fanga kiritildi. 1950-yillarning o'rtalariga kelib bu zarracha tajribalarda kuzatildi.

Shunday qilib, 1940-yillar oxiriga kelib elementar zarralar soni 15 taga yetdi. Lekin koinot nurlari bilan bo'ladigan jarayonlarni o'rganish va elementar zarralarni tezlashtiruvchi texnikaning taraqqiyoti yanada yangi elementar zarralarning kashf qilinishiga olib keldi. 1950-yillarning o'zida 15 taga yaqin yangi zarralar kashf qilindi, 1960-yillarning o'rtalariga kelib elementar zarralar soni Mendeleev 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 o'zidan boshqa mayda zarraga bo'linmaydigan zarra tushuniladi.

Shu sababli, fiziklar hozirgacha elementar zarra deb e'tirof etilgan zarralar aslida elementar bo'lmagan yanada fundamental, bo'linmas zarralardan tashkil topgan bo'lishi mumkin degan fikrga kelishdi.

Haqiqatda esa elementar zarralar hech qanaqasiga elementar emas, balki ular boshqa tur zarralarga aylanishi mumkin va so'zsiz ularning har biri o'z strukturasi ega bo'ladi.

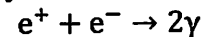
Elementar zarralarning xarakterli xususiyati shuki, ular ikki xil ko'rinishda - zarralar va antizarralar ko'rinishida nomoyon bo'ladi. Bu muayyan ko'rinishdagi musbat zaryadlangan zarralar bilan bir qatorda ularning manfiy zarralari ham mavjudligida o'z ifodasini topgan. Neytral

zarralar uchun bu farq shundan iboratki, ularda mexanik va magnit momentlari qarama - qarshi oriyentatsiyalangan bo'ladi.

ELEMENTAR ZARRALAR HAQIDA MA'LUMOTLAR

Elektron va pozitron: Elektron moddaning atom tuzilishini o'rganishda topilgan eng birinchi elementar zarradir. Elektronning zaryadi (elementar zaryadi) $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, tinchlikdagi massasi $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, harakat miqdori momenti (spini) $|\vec{s}| = \frac{1}{2} \hbar$, magnit momenti deyarli bir Bor magnetoniga teng.

Elektronning mexanik va magnit momentlari o'zaro qarama - qarshi yo'nalgan. Elektron e^- belgi orqali belgilanadi. Elektron o'z - o'zidan boshqa xil zarralarga aylanmaydigan barqaror zarradir. Manfiy elektronlar bilan bir qatorda musbat elektronlar - pozitronlar ham mavjudki, ular elektronlarga nisbatan antizarra hisoblanadi. Pozitronning massasi va zaryadi absolyut qiymati jihatidan elektronning massasi va zaryadiga teng. Pozitronning spini $|\vec{s}| = \frac{1}{2} \hbar$, magnit momenti esa deyarli Bor magnetoni ($\mu_B = 0,92732 \cdot 10^{-20} \frac{\text{erg}}{\text{gs}}$) ga teng. Elektronning magnit momenti Bor magnetoni orqali quyidagicha ifodalanadi $\mu_e = -\mu_B(1 + 0,0011596389)$. Pozitron vakuumda turg'un, biroq moddada uzoq vaqt mavjud bo'la olmaydi, chunki u elektron bilan to'qnashganda elektron va pozitron annigilyatsiyasi hodisasi ro'y beradi. Annigilyatsiya shundan iboratki, elektron va pozitron to'qnashganda ular yo'qoladi, ular o'miga esa ikki yoki undan ko'p foton paydo bo'ladi, bu fotonlar o'z navbatida annigilyatsiyalangan elektron va pozitronning massasini va energiyasini olib ketadi. Bu jarayon, ya'ni bir tur zarralarning boshqa tur zarralarga aylanishi quyidagi sxema bo'yicha tasvirlanishi mumkin:



Annigilyatsiyadan so'ng elektron va pozitron mustahkam bo'lmagan zarralar juftini hosil qiladi yoki boshqacha aytganda, virtual juftni hosil qiladi. Bu juftlarning bog'lanish energiyasi manfiy bo'lib, $-2mc^2$ ga teng, bunda m - elektronning tinchlikdagi massasi. Massa va energiyaning o'zaro bog'lanish qonuniga ko'ra bunday juftlar manfiy massaga (antimassaga) ega bo'lishi kerak. Bunday zaryadlangan zarralar juftining mavjudligi shunda ko'rinadiki, bu zarralar jufti atom elektronlari sathlarining siljishiga va atom elektroni magnit momentining Bor

magnetonidan farqli kattalikka o'zgarishiga sabab bo'luvchi atom elektronlari bilan o'zaro ta'sirlashishga olib keladigan fluktuatsiyaga uchraydi. Annigilyatsiyaga teskari hodisa, ya'ni elektron - pozitron juftining hosil bo'lishi $2mc^2$ dan katta energiyali γ - foton atom yadrosi yaqinidan o'tganda sodir bo'ladi, bunda virtual juft fotonning $2mc^2$ dan katta energiyasini yutib, real juftga aylanadi, yuzaga kelgan elektron va pozitron esa $T = \frac{1}{2}(W - 2mc^2)$ ga teng kinetik energiya bilan har tomonga uchib ketadi, bunda W - shu zarralar juftini vujudga keltirgan γ - fotonning energiyasi. Hozirgi zamon tasavvurlariga ko'ra annigilyatsiyalangan zarralar jufti butun fazoni to'ldirib turuvchi manfiy energiyali (demak, manfiy massali) zarralarning tutash fonini hosil qiladi. Bunday muhit elektron - pozitron vakuumi deb ataladi. Aftidan, xuddi shu antimassa massalarning gravitatsion o'zaro ta'siri mexanizmida, shu jumladan, yulduzlar, planetalar va x.k. larning gravitatsion o'zaro ta'siri mexanizmida hal qiluvchi rol o'ynaydi [2].

Proton va antiproton: Elementar zarralarning eng muhim ikkinchi turi proton va antiprotondir. Proton barqaror zarra (o'z - o'zidan boshqa zarralarga parchalanmaydi). Proton va antiproton jufti elementar zarralar sistemasida ma'lum ma'noda elektron va pozitron juftiga o'zaro teskari munosabatdadir. Masalan, agar pozitronlar, ya'ni musbat elektronlar ular vujudga keltirilgandan keyin tezda annigilyatsiyalanib o'z massasini va energiyasini fotonlarga bersa, proton - antiproton zarralar juftida modda zarralari orasida musbat proton turg'un holatda bo'ladi. Antiproton, ya'ni manfiy proton vakuumda turg'un bo'lsada, biroq moddada tezda π - mezonlar va K - mezonlar, gohida qattiq γ fotonlar chiqarib proton bilan annigilyatsiyalanadi. Shunday qilib, elektron - pozitron vakuumi bilan bir qatorda proton - antiproton vakuumi ham mavjud bo'lishi kerak. Antiproton protonga nisbatan antizarra bo'lib xizmat qiladi. Proton murakkab yadrolarning eng muhim tashkiliy qismlaridan biri bo'lib hisoblanadi va o'zi vodorod atomi yadrosidan iboratdir. Neytron bilan bir qatorda proton ham nuklon deb ataladi. Proton elektron bilan birgalikda neytral vodorod atomini hosil qiladi. Teskari sistemani, ya'ni antiproton - pozitron sistemasini ko'z oldimizga keltirishimiz mumkin, u o'zining barcha xossalari bilan (optik, kimyoviy, magnit va boshqa) vodorod atomiga o'xshash bo'lsin. Bu vodorodning antiatomini bo'ladi. Agar shunday antiatomlar va boshqa shunga o'xshash murakkab antiatomlar moddaning ko'proq qismini tashkil qilsa, u holda elektronlar va protonlar bu moddada, aniqrog'i, antimoddada tezda annigilyatsiyalangan bo'lar va shu sababli, antiatomlar orasida erkin holatda uzoq vaqt mavjud bo'lolmas

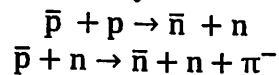
edi. Protonning massasi elektronning massasidan 1836,09 marta katta, boshqacha aytganda, $m_p = 1,67251 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng. Protonning musbat zaryadi absolyut qiymati jihatidan elektronning zaryadiga, ya'ni, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ga teng. Protonning spini $\frac{1}{2}\hbar$ ga, magnit momenti

$$\mu_p = (2,792282 \pm 0,000017)\mu_{ya} \text{ ga teng, bunda } \mu_{ya} = 5,0509 \cdot 10^{-24} \frac{\text{erg}}{\text{gs}}$$

Protonlar u yoki bu tezlatkichda tezlatish uchun va yadro reaksiyalarida foydalanish uchun eng qulay zarradir. Proton uchun p va H^1 ramziy belgilar qabul qilingan. Antiprotonning massasi proton massasiga teng, zaryadi esa kattaligi va ishorasi jihatidan elektron zaryadiga teng. Uning spini $\frac{1}{2}\hbar$ ga teng. Magnit momenti kattaligi jihatidan protonning magnit momentiga teng, biroq ishorasi teskari, ya'ni spinga teskari yo'nalgan. Antiproton \bar{p} belgi orqali belgilanadi. Antiproton eksperimental ravishda birinchi marta Kaliforniya universiteti sinxrozotronida 6,2 GeV energiyagacha tezlatilgan protonlar bilan mis nishonini nurlatilganda aniqlangan edi. Reaksiya mahsulotlarini sinchiklab tekshirish natijasida ular ichidan shunday zarralar aniqlangan ediki, ular keyinchalik antiprotonlar ekanligi ma'lum bo'ldi.

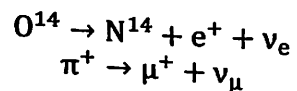
Neytron va antineytron: Elementar zarralar ichida ikkinchi eng muhim nuklon - neytrondir. Uning massasi protonning massasiga deyarli teng, biroq, elektr zaryadga ega emas. Shu sababli, neytron juda katta o'tish qobiliyatiga ega, chunki u moddada harakatlanganda ionlashishga, nurlanishga va x.k. larga energiya sarf qilmaydi. Bundan tashqari, neytronlar Kulon itarishishiga uchramasdan atom yadrosiga osongina kirib boradi va shunday qilib, barcha atomlar yadrolarida yadro reaksiyasini uyg'otuvchi eng effektiv zarralar bo'lib hisoblanadi. Neytronning massasi 1838,63 elektron massasiga teng, elektr zaryadi esa nolga teng. Neytronning spini $\frac{1}{2}\hbar$ ga, magnit momenti $\mu_n = -(1,913139 \pm 0,00009)\mu_{ya}$ ga teng. Uning belgisi - n . Neytron beqaror zarra bo'lib, u atom yadrosidan ozod bo'lib chiqqandan keyin taxminan 1000 sek vaqt o'tishi bilan β - yemirilishga uchraydi. Neytronning yarim yemirilish davri 1013 sek ga teng. Neytronning yemirilish sxemasi quyidagicha: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ bunda $\bar{\nu}_e$ - elektron antineytrinosi. Neytronga nisbatan antizarra - antineytronidir, uning massasi neytron massasiga teng, zaryadi nol, spini esa $\frac{1}{2}\hbar$ ga teng. Antineytronning magnit momenti absolyut qiymati jihatidan neytronning magnit momentiga teng, biroq ishorasi jihatidan

qarama - qarshidir. Antineytronni \bar{n} bilan belgilash qabul qilingan. Antineytronlar birinchi marta 1956 - yilda modda orqali harakatlanayotgan antiprotonlarning qayta zaryadlanishi tufayli hosil bo'lgan antineytronlarni kuzatgan amerikalik fiziklar B.Kork, G.Lambertson, O.Pichchioni, V.Venzeller tomonidan aniqlangan edi. Antiprotonlarning qayta zaryadlanish reaksiyasi nuklon va antinuklon orasida quyidagi sxema bo'yicha zaryad almashinishidan iborat:



Bu reaksiyaning amalga oshishi unchalik oson emas, biroq shunday bo'lsada, antineytronlarning vujudga kelishini kuzatish mumkin. Antineytronlarning kashf qilinishi antiprotonlarning kashf qilinishi bilan bir qatorda P.Dirakning elektron nazariyasiga asoslangan hozirgi zamon elementar zarralar nazariyasining yorqin tasdig'i bo'ldi.

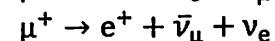
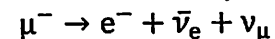
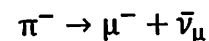
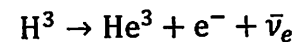
Neytrino va antineytrino: Neytrino va antineytrino tinchlikdagi massaga ega bo'lmagan neytral zarralar jumlasidandir. Bu zarralar atom yadrolari radioaktiv yemirilganda va beqaror elementar zarralar - mezonlar va boshqalar yemirilganda hosil bo'ladi. Neytrinoning tinchlikdagi massasi $m_0=0$, elektr zaryadi $e=0$, spini $\frac{1}{2}\hbar$, magnit momenti $\mu_v = 0$. Neytrinoning belgisi - ν . Neytrinoning tinchlikdagi massasi va magnit momenti nolga teng bo'lmashligi mumkin, biroq ular shunchalik kichikki, hozircha deyarli nolga teng deb hisoblashga to'g'ri keladi. Tinchlikdagi massasi, zaryadi va magnit momenti nolga tengligi sababli neytrino juda katta o'tish qobiliyatiga ega. Bir necha megaelektronvolt energiyaga ega bo'lgan neytrinoning erkin yugurish yo'li uzunligi fazoning ko'rinuvchan qismi o'lchamlari tartibida bo'ladi. Neytrino hosil bo'ladigan reaksiyalarga misol qilib, pozitron (sun'iy) radioaktivlik reaksiyasini olish mumkin. Bundan tashqari, π^+ - mezonlar va boshqa beqaror zarralarning yemirilish reaksiyasi ham shunday reaksiyalar qatoriga kiradi:



bunda, ν_e - elektron neytrinosi, ν_μ - myuon neytrinosi. Neytrinoning spini uning harakat yo'nalishiga antiparalleldir. Neytrinoning antizarrasi - antineytrinodir, u xuddi neytrinoga o'xshash zarra, biroq spini neytrino spiniga qarama - qarshi yo'nalgan, ya'ni harakat yo'nalishiga parallel. Antineytrinoning belgisi - $\bar{\nu}$. Antineytrino tabiiy radioaktiv moddalarning

β - yemirilishida, mezonlarning yemirilish reaksiyalarida va x.k. larda hosil bo'ladi.

Masalan:

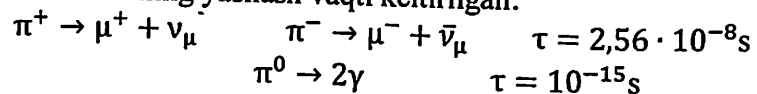


Rus fizigi A.A.Sokolovning 1963-yilda nazariy ishlari e'lon qilinib, unda neytrinoning to'rt komponentali nazariyasi ilgari surilgan edi. Bu ish natijalariga ko'ra, hozirda elektron neytrinosi deb ataluvchi oddiy neytrino (va antineytrino) bilan bir qatorda boshqa neytrino ham bo'lishi kerak. Elektron neytrinosi (belgisi ν_e) yadrolar, μ - mezonlar, K- mezonlar va neytronlarning pozitron (e^+) bilan juftlashib β - yemirilishida hosil bo'ladi; elektron antineytrinosi (belgisi $\bar{\nu}_e$) elektron (e^-) bilan juftlashib bo'ladigan xuddi shunday yemirilishlarda hosil bo'ladi. A.A.Sokolov aytganlari tasdiqlandi, haqiqatdan ham π va K- mezonlari μ^+ - mezonlar bilan juftlashib yemirilganda va μ^+ - mezon yemirilganda hosil bo'ladigan neytrino β - yemirilishda hosil bo'lgan neytrinoga o'xshash emas ekanligi eksperimental aniqlandi. Bu neytrinoni hozirgi vaqtda ν_μ orqali belgilanadi va myuon neytrinosi deb ataladi. μ^- - mezon bilan juftlashib bo'ladigan xuddi shunday yemirilishlarda va μ^- - mezon yemirilishida $\bar{\nu}_\mu$ orqali belgilanadigan myuon antineytrinosi hosil bo'ladi. Neytrino va antineytrinoning ikki turi (elektron neytrinosi va antineytrinosi, myuon neytrinosi va antineytrinosi) kashf qilinishi va neytrinolarning o'zining eksperimental aniqlanishi hozirgi zamon elementar zarralar fizikasining eng katta yutuqlaridan biri bo'ldi. Keyinchalik uchinchi avlod neytrinosi - tau neytrinosi ν_τ va tau antineytrinosi $\bar{\nu}_\tau$ mavjudligi ham ma'lum bo'ldi.

Mezonlar: Mezonlar tinchlikdagi massasi elektron va protonning tinchlikdagi massalari orasidagi oraliq qiymatga ega bo'lgan beqaror elementar zarralardir. Musbat, manfiy va neytral mezonlar ma'lum. π^\pm - mezonlar, μ^\pm - mezonlar, π^0 - mezonlar, K^\pm - mezonlar, K^0 va \bar{K}^0 - mezonlar. Mezonlarning elektr zaryadi absolyut qiymati jihatidan elektronning zaryadiga teng. Har xil massali mezonlar mavjud: π^\pm - mezonlar $273,2m_e$, π^0 - mezonlar $264,2m_e$, μ^\pm - mezonlar $206,7m_e$, K^\pm - mezonlar $966m_e$. π va K - mezonlarning spini nolga teng, μ - mezonlarning spini esa $\frac{1}{2}\hbar$ ga teng.

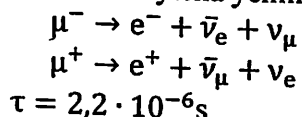
Yuqorida aytilganlardan kelib chiqadiki, mezonlar ham elektronlar va pozitronlar, protonlar va antiprotonlar kabi ikki xil ko'rinishda - zarra va antizarra ko'rinishida mavjud bo'lar ekan. Mezonlar atom yadrosidan

uchib chiqqandan so'ng erkin holatda kam vaqt mavjud bo'ladi va keyin boshqa zarralarga parchalanib ketadi. Quyida mezonlarning yemirilish sxemasi va ularning yashash vaqti keltirilgan:



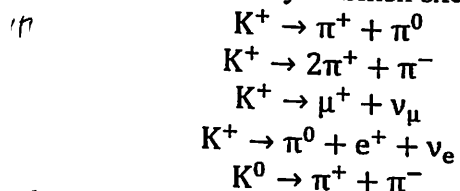
π - mezonlar nuklonlar va atom yadrolari bilan kuchli o'zaro ta'sirlashadi va hozirgi zamon tasavvurlariga ko'ra yadro kuchlari mavjud bo'lishiga sabab bo'ladi. Yadro kuchlari nuklonlar orasida π - mezonlar almashinishi hisobiga yuzaga keladi: π - mezonlar proton - neytron o'zaro ta'sirini amalga oshiradi. π^0 - mezonlar esa bir xil nuklonlarning o'zaro ta'sirini amalga oshiradi.

μ - mezonlar quyidagi sxema bo'yicha yemiriladi:



μ - mezonlar nuklonlar va atom yadrolari bilan kuchsiz o'zaro ta'sirlashadi va asosan Kulon sochilishiga duch keladi. Myu - mezonlar kosmik nurlarning qattiq komponentasini tashkil qiladi.

K - mezonlarning bir necha xil yemirilish sxemasi mavjud, masalan:



K - mezonlarning yashash vaqti $10^{-7} - 10^{-10}$ s oraliqda yotadi va K - mezonlar turiga bog'liq bo'ladi.

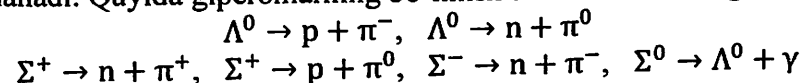
π - mezonlar hozirgi vaqtda quvvatli tezlatkichlarda olinadigan yuqori energiyali zarralar bilan bo'ladigan yadro reaksiyalarida hosil qilinadi; μ - mezonlar π - va K - mezonlar parchalanishida hosil bo'ladi; K - mezonlar esa yuqori energiyali π - mezonlar yoki protonlar nuklonlar bilan to'qnashganda katta intensivlik bilan yuzaga keladi. Agar zarralarning bir turini, masalan, musbat mezonlarni zarra deb atasak, u holda manfiy mezonlar antizarra bo'ladi. Bunda aksincha shartlashish ham mumkin. Zaryadlangan zarralar tezlatkichlarida yuqori energiyaga erishish mumkinligi va tez zarralar dastasi intensivligining kosmik nurlardagi intensivlikdan katta bo'lishi yadro fizikasida va elementar zarralar fizikasida katta rol o'ynovchi mezonlar xossalari eksperimental tadqiq qilish uchun juda katta imkoniyat yaratib berdi.

Giperonlar: Kosmik nurlarni fotoemulsiya metodi bilan, shuningdek, maxsus konstruksiyadagi Vilson kameralari yordamida tekshirishlar og'ir beqaror zarralarning ochilishiga olib keldi, bu zarralarni giperonlar deb ataldi. Giperonlar massasi nuklonlar (protonlar va neytronlar) massasidan katta, biroq deytronlar massasidan kichik bo'lib chiqdi. Nuklonlar va giperonlar barionlar, ya'ni og'ir zarralar deb ataldi. Giperonlarning bir necha turi aniqlangan. Ularni grek alifbosidagi bosh harflar bilan belgilash qabul qilingan. Giperonlar neytral va zaryadlangan bo'lishi mumkin:

1 - jadval

Giperonlar	Massasi (m_e)	Yashash vaqti (sek)	Spini
Λ^0 - lambda nol giperon	2183	$2,53 \cdot 10^{-10}$	$\frac{1}{2} \hbar$
Σ^+ - sigma plyus giperon	2328	$8,1 \cdot 10^{-11}$	$\frac{1}{2} \hbar$
Σ^- - sigma minus giperon	2333	$1,65 \cdot 10^{-10}$	$\frac{1}{2} \hbar$
Σ^0 - sigma nol giperon	2343	10^{-14}	$\frac{1}{2} \hbar$
Ξ^- - ksi minus giperon	2585	$1,75 \cdot 10^{-10}$	$\frac{1}{2} \hbar$
Ξ^0 - ksi nol giperon	2572	$3,0 \cdot 10^{-10}$	$\frac{1}{2} \hbar$
Ω^- - omega minus giperon	3278	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$\frac{1}{2} \hbar$

Har bir giperon mos antigiperonga ega. Neytral giperonlar zaryadga ega emas, zaryadlangan giperonlar esa absolyut qiymati jihatidan elementar zaryadga teng zaryadga egadir. Giperonlarning massasi (elektron massasi birligi hisobida), yashash vaqti va spin momenti yuqoridagi jadvalda keltirilgan. Antigiperonlar ham giperonlar ega bo'lgan xossalarga ega, lekin zaryadi, magnit momenti va boshqalari qarama - qarshi. Giperonlar yuqori energiyali nuklonlar (protonlar) va π - mezonlarning nuklonlar va atom yadrolari bilan to'qnashish reaksiyalarida vujudga keladi. Shu bilan bir vaqtda K - mezonlar hosil bo'lishi kuzatiladi. Giperonlar nuklonlar va π - mezonlarga hamda giperonlar va π -, K - mezonlar, γ - kvantlarga parchalanadi. Quyida giperonlarning bo'linish sxemalari keltirilgan:



$$\begin{aligned}\Xi^- &\rightarrow \Lambda^0 + \pi^-, & \Xi^0 &\rightarrow \Lambda^0 + \pi^0, \\ \Omega^- &\rightarrow \Xi^0 + \pi^-, & \Omega^- &\rightarrow \Lambda^0 + K^-\end{aligned}$$

Σ^0 – giperon nuklon va π^- - mezonga birdaniga bo‘linmaydi, balki avval Λ^0 - giperonga va γ - fotonga aylanadi. O‘z navbatida Ξ^- - giperon ham nuklon va $-\pi$ - mezonga birdaniga bo‘linmaydi, u avval Λ^0 - giperonga va π - mezonga bo‘linadi. Shu sababli, bunday giperonlar kaskadli giperonlar deb ataladi. Giperonlarning nuklonlarga va π - mezonlarga (shuningdek, yuqori energiyali γ - fotonlarga) bo‘linishi shuni ko‘rsatadiki, giperonlar uyg‘ongan nuklonlardan iborat ekan. Bundan tashqari, giperonlar atom yadrolaridagi nuklonlarning o‘rni olishi mumkin, oqibatda giperonlarni o‘z ichiga olgan atom yadrolari yuzaga keladi. Bunday beqaror yadrolar *giperyadrolar* deb ataladi. Yuqorida aytilganlardan kelib chiqadiki, giperonlarni tadqiq etish elementar zarralar strukturasi o‘rganishda asosiy ahamiyatga egadir. Bunga giperonlar va boshqa elementar zarralar hosil bo‘lish reaksiyasini amalga oshirish uchun zarur bo‘ladigan yuqori energiyali zarralarni ko‘p miqdorda olishga imkon beruvchi zaryadlangan zarralarni tezlatish texnikasi va fizikasining gurkirab rivojlanishi juda katta yordam beradi [2].

Rezonanslar: Kuchli o‘zaro ta’sirlashuvchi zarralar oilasi (protonlar, neytronlar, π^- , K^- - mezonlar, giperonlar) keyingi yillarda beqaror zarralarning katta gruppasi bilan to‘ldi, bu zarralar *rezonanslar* deb ataldi. Garchi rezonanslar va izobarlar K^- - mezonlar va giperonlarga juda o‘xshasada, biroq ularning xossalari turlichadir. K^- - mezonlar va giperonlar yemirilishi kuchsiz o‘zaro ta’sir natijasida sodir bo‘ladi, holbuki rezonanslar va izobarlar kuchli o‘zaro ta’sir tufayli bo‘linadi. Shu sababli, K^- - mezonlar va giperonlardan farqli ravishda, ularning yashash vaqti 10^{-20} sek dan kam. Yuqorida aytilganlarni hisobga olib va noaniqlik munosabatidan foydalangan holda

$$W\tau \leq \hbar$$

ifodani yozamiz, bunda W – zarralar energiyasi, τ – yashash vaqti, bundan ushbu zarralar xususiy energiyalar va xususiy massalar (tinchlikdagi massa) ning keng spektriga ega bo‘lishi kerak degan xulosaga kelish mumkin. Rezonanslar shunday bir nechta kuchli o‘zaro ta’sirlashuvchi zarralarning bog‘langan holatidan iboratki, ular orasida kuchli bog‘lanish bo‘lgani tufayli bu zarralar o‘zligini yo‘qotadi, bunday zarralardan tashkil topgan butun sistema esa o‘zini bir butun shaklda namoyon qiladi.

Rezonanslarga qisqacha qilib bunday ta’rif beriladi: *rezonanslar deb, bir nechta mezonning bog‘langan holatiga aytiladi.* Barionning mezon

bilan bog‘langan holat izobara deb ataladi. Rezonans deb atalishiga sabab shuki, to‘qnashganda rezonansni yuzaga keltiruvchi protonlar energiyasi muayyan qiymatga yetganda rezonanslar paydo bo‘lish ehtimolligi keskin ortadi. Rezonanslar kuchli o‘zaro ta’sirlashuvchi zarralarning istalgan gruppasida vujudga keladi.

Foton: Foton elektromagnit maydonning elementar zarrasi – ta’sir tashuvchisi bo‘lib, u ko‘pincha elektromagnit maydon kvanti deb ham ataladi. Fotonning belgisi - γ . Fotonning asosiy xarakteristikalari optika bo‘limida yoritiladi. Shuning uchun biz bu yerda boshqa elementar zarralarning o‘zaro ta’sir jarayonlarida va aylanishlarida namoyon bo‘luvchi yuqori energiyali fotonlarning asosiy xossalari bilan tanishib o‘tamiz. Foton $m = \frac{h\nu}{c^2}$ massaga ega bo‘lsada, bu massa fotonning boshqa jismlarga nisbatan harakat energiyasi bilan bog‘liq bo‘lib, uning ichki energiyasiga bog‘liq emas. Binobarin, foton “tinchlikdagi massa”ga ega emas, ya’ni boshqa zarralardagi kabi ilgarilanma harakat tezligi nol bo‘lganda ham mavjud bo‘ladigan massaga ega emas. Foton zarralari π^0 - mezonlar, Σ^0 - giperonlar va η^0 - va ω^0 - rezonanslarning yemirilish reaksiyalarida bevosita yemirilish jarayonida paydo bo‘ladi.

Masalan, π^0 - mezonlar yemirilganda quyidagi reaksiya bo‘ladi: $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$

Σ^0 - giperon yemirilganda esa quyidagi reaksiya o‘rinli: $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$

O‘z navbatida Λ^0 - giperon quyidagi sxema bo‘yicha yemiriladi: $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$.

Bu π^0 - mezon yemirilishiga va ikki foton yuzaga kelishiga olib keladi.

Fotonlar, shuningdek, annigilyatsiya reaksiyalarida ham hosil bo‘ladi:

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

Fotonlar ayniqsa, elektronlarning yadrolar va boshqa ularning traektoriyasini o‘zgartiradigan sistemalar bilan o‘zaro ta’sirida intensiv hosil bo‘ladi. Bu jarayon kaskadli elektron - foton quyunida kuzatiladigan tormozlanish nurlanishi bilan bo‘ladi. Fotonning antizarrasi, ya’ni antifoton bormi, degan savol tug‘iladi. Agar bu antizarra mavjud bo‘lsa ham, u fotonning xossalariga qarama – qarshi bo‘lgan xossalarga ega bo‘lib, natijada ularning annigilyatsiyasi kuzatilishi mumkin bo‘lar edi. Biroq masalaning bunday qo‘yilishi ma’nosizdir, chunki fotonlarning o‘zi annigilyatsiya mahsuloti hisoblanadi. Agar annigilyatsiya vakuumda (ya’ni uchinchi zarra ishtirokisiz) sodir bo‘lsa, u holda ikki yoki undan ortiq foton hosil bo‘ladi. Lekin bunday holda teskari jarayon - ikki foton ro‘baro‘ to‘qnashganda elektron - pozitron jufti hosil bo‘lishi ham sodir bo‘lishi kerak. Bunday turdagi tajribalar amalga oshirilmagan. Biroq

shunday tajribalar ijobiy natija berishi mumkin, chunki ular saqlanish qonunlarini qanoatlantirar edi. Bunday holda \vec{p} impulsli γ fotonni odatdagi zarra deb, $-\vec{p}$ impulsli $\bar{\gamma}$ fotonni esa antizarra deb qabul qilish mumkin bo'lar edi. Ularning elektron - pozitron juftiga aylanish jarayonini annigilyatsiya deb atash mumkin.

FUNDAMENTAL O'ZARO TA'SIRLAR, ZARRALAR KLASSIFIKATSIYASI VA XARAKTERISTIKALARI

Elementar zarralarning aylanish (parchalanish) jarayonlarida nomoyon bo'ladigan 4 xil fundamental o'zaro ta'sir turi mavjud.

1. Kuchli o'zaro ta'sir. Bu ta'sirda qatnashuvchi zarralar *adronlar* deb ataladi. To'g'rirog'i barcha o'zaro ta'sirlarda, shu jumladan kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashuvchi zarralar adronlar deyiladi. Kuchli o'zaro ta'sir proton va neytronlarni yadroda ushlab turadi yoki kvarklar shu kuch orqali bog'lanib adronlarni tashkil qiladi. Yadro va yadro reaksiyalarning xususiyatlariga asosan xuddi shu ta'sir javobgardir. Bilamizki, yadro proton va neytrondan tuzilgan va ular bir - biri bilan kuchli o'zaro ta'sirda bo'ladi. Bu ta'sir doirasining kichikligi sabab, har bir yadro zarrasi faqat qo'shni zarralar bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Natijada hamma kimyoviy elementlarning yadrolari uchun proton va neytronlarning zichligi bir xil bo'ladi.

Elementar zarralarda kuchli o'zaro tasirning o'lchamsiz doimiysi pion - nuklonning ta'sirlashuv doimiysi "g" orqali quyidagicha xarakterlanadi:

$$\frac{g^2}{4\pi\hbar c} \approx 15.$$

Agar kuchli o'zaro ta'sir bo'lmaganda π mezonlardan yengilroq zarralarda va ular bilan bog'liq bo'lgan fizik hodisalarda aydarli o'zgarishlar bo'lmasdi [3].

2. Elektromagnit o'zaro ta'sir. Bu ta'sirda asosan zaryadlangan zarralar qatnashadi. Lekin neytral zarralar ham o'z strukturasiaga egaligi sababli bu ta'sirda qatnashishi mumkin. Masalan, neytron murakkab strukturaga egaligi, ya'ni magnit momentiga egaligi sababli elektromagnit o'zaro ta'sirda qatnashadi. Bu ta'sir hozirgi paytda eng yaxshi o'rganilgan ta'sir turi hisoblanadi. Elektromagnit ta'sirning muhim xususiyati Kulon qonuniga asosan itarishish va tortishish kuchlarining mavjudligidadir.

Elektromagnit o'zaro ta'sir kuchli o'zaro ta'sirga qaraganda ancha zaif, boshqa kuchlarga qaraganda ancha kuchlidir. Elektromagnit kuchlarning

ta'sir doirasi 10^{-14} dan tartib kosmik masofagacha davom etadi. Elementar zarralar fizikasining markaziy doimiysidan hisoblanuvchi elektromagnit o'zaro ta'sirni xarakterlovchi o'lchamsiz kattalik quyidagicha kiritiladi:

$$\alpha^2 = \frac{e^2}{4\pi\hbar c} = \frac{1}{137}.$$

Agar elektromagnit o'zaro ta'sir bo'lmaganda, tabiatda pi - mezonlardan og'ir zarralargina qolar edi xolos. Massasi deyarli bir xil lekin zaryadi bilan farq qiluvchi zarralarni bir - biridan ajratib bo'lmas edi.

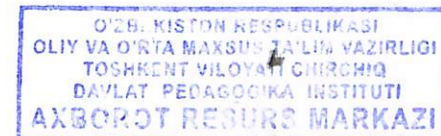
3. Kuchsiz o'zaro ta'sir. Bu ta'sir deyarli barcha zarralarga xosdir. Bu ta'sir ostida sodir bo'ladigan jarayonlar ancha sekin yuz beradi. Atom yadrolarining β -parchalanishi kuchsiz o'zaro ta'sirga misol bo'ladi.

Kuchsiz o'zaro ta'sir kuchli o'zaro ta'sirga nisbatan 10^{14} marta zaifdir. Lekin shunga qaramasdan elementar zarralar olamida bu ta'sir o'z orniga ega. Kuchsiz o'zaro ta'sir jarayonlari juda ham xilma xildir. Shunga

qaramasdan ularning ta'sir doimiysi bitta $\left(\frac{G}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{\hbar}{mc}\right)^{-4} \approx 5 \cdot 10^{-14}$ bo'ladi. Kuchsiz o'zaro ta'sir kuchli o'zaro ta'sirga qaraganda kamroq simmetriyaga ega. Agar kuchsiz o'zaro ta'sir bo'lmasa, zarralardan faqat neytrino bo'lmasdi xolos [3].

4. Gravitatsion o'zaro ta'sir. Universal ta'sirdir. Bu ta'sirda barcha zarralar qatnashadi. Gravitatsion o'zaro ta'sir yuqoridagi ta'sirlarning ichida eng zaifdir. Uning ta'sir vaqti 10^{17} s va ta'sir kuchi 10^{-40} ga proporsional bo'lganligi sababli elementar zarralar nazariyasida e'tiborga olinmaydi. Massasi Plank massasidan, ya'ni, $m_{Pl} = 10^{19}$ GeV dan katta jismlar uchungina gravitatsion ta'sir sezilarli bo'ladi [9].

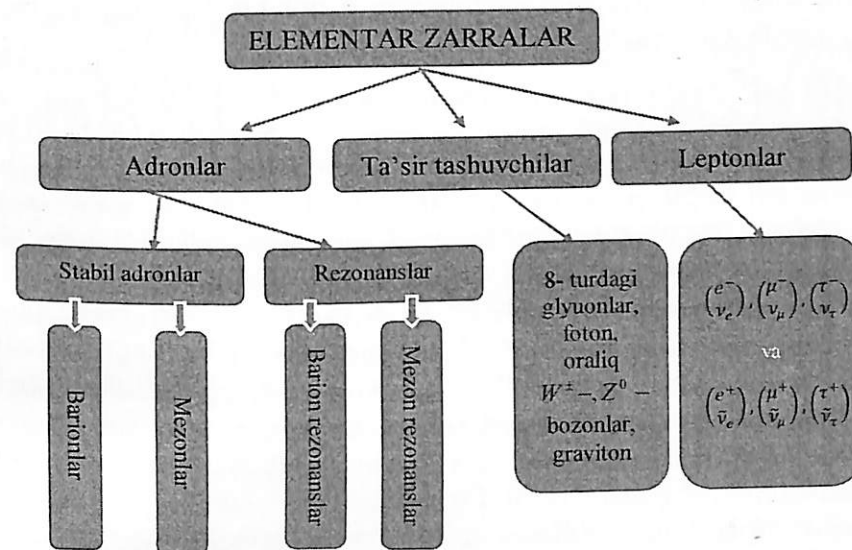
Har qanday o'zaro ta'sir uchta kattalik bilan xarakterlanadi. Bu kattaliklar - ta'sir intensivligi, ta'sir radiusi, ya'ni ta'sirlashish masofasi va o'zaro ta'sirlashish vaqtidir. O'zaro ta'sir mexanizmini ham hisobga olgan holda bu fundamental o'zaro ta'sirlar to'g'risidagi ma'lumotlar quyidagi jadvalda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



2-jadval

O'zaro ta'sir turi	Mexanizmi	Intensivligi	Ta'sir radiusi (m)	Ta'sir vaqti (sek)	Izoh
Kuchli	8- turdagi glyuonlar	$10^{-1} \div 10^1$	$\approx 10^{-15}$	$\approx 10^{-22} \div 10^{-23}$	Bu o'zaro ta'sir sababli kvarklar birlashib adronlarni, nuklonlar birlashib atom yadrolarini hosil qiladi. Yadrolarning α - yemirilishi sodir bo'ladi.
Elektromagnit	Foton	$1/137$	∞	$\approx 10^{-20}$	Bu o'zaro ta'sir yadro va elektronni atomlarga, atomlarni esa molekullarga birlashtiradi. Yadrolarning γ - yemirilishi sodir bo'ladi.
Kuchsiz	Oraliq W^{\pm}, Z^0 - bozonlar	$\approx 10^{-10}$	$\approx 10^{-17}$	$\approx 10^{-13}$	Deyarli barcha zarralar kuchsiz o'zaro ta'sir ostida parchalanadi. Yadrolarning β - yemirilishi sodir bo'ladi.
Gravitatsion	Graviton	$\approx 10^{-38}$	∞	?	Elementar zarralar olamida o'ta zoifligi sababli e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Elementar zarralar klassifikatsiyasi. Kuchli o'zaro ta'sirda (elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirda ham) 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 lyambda giperon - Λ^0 , sigma giperonlar - $\Sigma^+, \Sigma^-, \Sigma^0$, ksi - giperonlar - Ξ^0, Ξ^- kiradi. Giperonlarning o'rtacha yashash vaqti $\tau \approx 10^{-10}$ s ga teng. 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 kashf qilingan bo'lib, hozirda ular soni 300 dan ortiq. Nuklonlar va giperonlar yashash vaqti rezonanslarinikiga qaraganda ancha kattaligi uchun ular stabil zarralar deb ataladi. Proton haqiqiy stabil zarra bo'lib, hozirgi vaqtda uning yashash vaqti $\tau > 10^{34}$ yildan katta hisoblanadi.

Neytron esa erkin holatda taxminan ~15 minut 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 oraliq'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.

$\Gamma = \frac{h}{\tau}$ ifodaga ko'ra, odatda jadvallarda rezonanslarning yashash vaqti o'niga ularning parchalanish ehtimolligi - Γ 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 pozitron - e^-, e^+ , va ν_e, ν_μ, ν_τ neytrinolar hamda ularning antineytrinolari stabil, μ^-, μ^+ - mezonlar va τ^-, τ^+ - 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, pozitron, μ^-, μ^+ - mezonlar va τ^-, τ^+ - leptonlar elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirda, neytrinolar va antineytrinolar esa faqat kuchsiz o'zaro ta'sirda qatnashadilar.

Adronlar va leptonlar o'zlarining antizarralariga ega. Agar zarra va antizarra ustma - ust tushsa, ya'ni barcha xususiyatlari bir xil bo'lsa haqiqiy/neytral zarra deyiladi. Masalan, π^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 yuqorida 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. Rezonans 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 kiritisa 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 ega; leptonlar, barionlar, kvarklar fermionlardir.

- Bozonlar butun spinga ega; ta'sir tashuvchilar, mezonlar bozonlarga kiradi.

Zarralarning xarakteristikalari. Zarralarni xarakterlovchi kattaliklar - kvant sonlari saqlanish qonunlari asosida yuzaga keladi. Bu saqlanish qonunlari fazo - vaqt simmetriyasi yoki ichki fazo simmetriyalari natijasida yuzaga keladi. Ichki simmetriya o'zaro ta'sir simmetriyasini ifodalaydi va ichki kvant sonlariga olib keladi.

Massa: Zarraning o'ziga xos individualligini belgilovchi kattalik uning massasidir. Eynshteyn tenglamasi $E_0 = mc^2$ ga ko'ra massa megaelektronovoltlarda ifodalanadi. Har qanday o'zaro ta'sirda massa saqlanishi kerak. Massa dinamik tabiatga ega va zarralarning asosiy klassifikatsiya belgisi hisoblanmaydi. D.I.Mendeleyev ham elementar davriy jadvalini dastlab atomlar massasiga qarab tuzgan va bu urinish noto'g'ri bo'lib chiqdi.

Spin: Zarraning ikkinchi xarakteristik belgisi uning spinidir. J - spin h birliklarida o'lchanadi va zarraning xususiy harakat miqdori momentini belgilaydi. Masalan, fotonning spini - 1, gravitonniki - 2, leptonlar $-\frac{1}{2}$, mezonlar - 0, barionlar - $\frac{1}{2}$, Ω - giperon - $\frac{3}{2}$ spinga ega.

Juftlik: Zarralarning uchinchi xarakteristikasi fazoviy juftligidir. Fazoviy juftlik deganda zarra to'lqin funksiyasining fazo koordinatasini $\vec{r} \rightarrow -\vec{r}$ kabi o'zgartirandagi o'zini tutishi tushuniladi. Agar fizik kattalik komponentalari yuqoridagi o'zgartirish bajarilganda o'zgarmasdan qolsa, bu kattalik musbat juftlikka ega deyiladi, ya'ni $\psi(-\vec{r}) = \psi(\vec{r})$ bo'lsa $\eta = +1$ bo'ladi. Agar ishorasini o'zgartirsa, ya'ni $\psi(-\vec{r}) = -\psi(\vec{r})$ bo'lsa, $\eta = -1$ bo'ladi bu esa manfiy juftlik deyiladi. Fazoviy juftlik tushunchasidan tashqari, ichki fazo juftligi tushunchasi ham mavjud. Fazoviy juftlik zarra holatini xarakterlaydi. Ichki fazoviy juftlik esa bevosita zarraning o'zini xarakterlaydi. Zarrani xarakterlovchi kvant sonlari ichki fazoviy juftlik bilan bog'liqdir. Zarralar sistemasi juftligi shu sistemaga kirgan zarralar juftliklari ko'paytmasiga teng. $\eta = \eta_0(-1)^l$ dan $\eta = \eta_0^{(1)} \dots \eta_0^{(N)} (1)^{l_1 + \dots + l_N}$. Bu yerda η_0 - zarra ichki juftligi, $(-1)^l = \eta_l$ - uning orbital juftligi.

Gravitondan boshqa barcha bozonlar juftligi manfiy. Mezon rezonanslari esa manfiy va musbat juftliklarga ega bo'ladi. Barcha barionlar fazoviy juftligi musbat, antibarionlar esa manfiy fazoviy juftlikka ega. Jadvallarda spin va juftlik J^n kabi birgalikda beriladi. Bu xarakteristika foton uchun 1^- , graviton uchun 2^+ , pionlar uchun 0^- , va protonniki $\frac{1}{2}^+$ va xokazo bo'ladi. Zarralarning biz qarab o'tgan uch xususiyati ularning "geometrik", ya'ni fazo - vaqt simmetriyasiga asoslangan xarakteristikalaridir.

Zarralarning boshqa xususiyatlari ichki, "yashirin" fazo simmetriyasiga asoslangan bo'lib, ichki kvant sonlariga, ya'ni saqlanuvchi kattaliklarga olib keladi.

Zarralarning elektr zaryadi: q elektron elektr zaryadiga karrali bo'ladi. Zarralar zaryadi odatda 0 yoki 1 ga teng bo'ladi. Δ - zarralar zaryadi $q = +2$, ularning antizarralari zaryadi esa $q = -2$ ga teng.

Magnit momenti: μ tinch turgan zarrachaning tashqi magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirini karakterlaydi va $\mu_0 = \frac{eh}{2m}$ magneton birliklarida o'lchanadi.

Atom fizikasidan ma'lumki, zarraning magnit momenti uning spini bilan uzviy bog'langan va $J \geq \frac{1}{2}$ spinli zarralarga xosdir.

Lepton zaryadi: L leptonlar uchun $+1$ ga, antileptonlar uchun esa -1 ga teng. Elektron lepton zaryadi L_e , myuon lepton zaryadi L_μ va taon lepton zaryadi L_τ mavjud bo'lib, $L = L_e + L_\mu + L_\tau$ bo'ladi va lepton zaryadi saqlanishi har bir avlod leptonlar uchun alohida bajariladi.

Barion zaryadi: B barionlar uchun $+1$ ga, antibarionlar uchun esa -1 ga teng. Barion va lepton zaryadlari additiv kvant sonlari hisoblanadi. Atom yadrolari uchun barion kvant soni yadroning massa soni A ga teng bo'ladi.

Izospin: T izomultipletni karakterlaydi. Bu izomultipletdagi zarralar soni $N = 2T + 1$ kabi aniqlanadi. Izospin 0 dan $\frac{3}{2}$ gacha qiymatlar qabul qilishi mumkin. Masalan $\mu^-, \Lambda^-, \Omega^-$, va Λ_c^- zarralar uchun $T=0$, K^-, D^-, N^- va Ξ^- - zarralar uchun $T=1/2$ va π^- hamda Σ^- - zarralar uchun $T=1$ ga teng.

Izospin proyeksiyasi: $T_3 (T_z)$ $-T$ dan $+T$ gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qiladi va zarralarning elektr zaryadini aniqlaydi. Neytron uchun $T_z = -\frac{1}{2}$, proton uchun $T_z = +\frac{1}{2}$, pi - mezonlarga mos ravishda $-1, 0, +1$ mos keladi, $\Delta^-, \Delta^0, \Delta^+, \Delta^{++}$ - izobarlarga esa $-\frac{3}{2}, -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$ va $+\frac{3}{2}$ mos keladi.

Adronlarning elektr zaryadi Gell - Mann - Nishidjima $q = T_z + \frac{1}{2}(B + S + C)$ munosabati bilan hisoblanishi mumkin.

G'alatilik kvant soni: S shunday kiritilganki, g'alati zarralarning elektr zaryadi Gell - Mann - Nishidjima munosabatini qanoatlantiradi, ya'ni $q = T_z + \frac{1}{2}(B + S + C)$ ifodadan, s -g'alati kvark uchun $T_z=0$, $B=\frac{1}{3}$ va elektr zaryadi $q = -\frac{1}{3}e$ ga tengligidan, bu kvarkning g'alatilik kvant soni $s=-1$ ga tengligi kelib chiqadi.

Shu o'rinda qiziq zarralarga to'xtalib o'tamiz, tajribalarda shu narsa ayon bo'ldiki, ayrim zarralar qisqa vaqt mobaynida, ya'ni $\sim 10^{-23}, 10^{-24}$ s davomida juft - juft hosil bo'ladi va juda sekin, $\sim 10^{-10}$ s davomida boshqa zarralarga parchalanadilar. Demak, bu zarralar kuchli ta'sir natijasida hosil bo'lib, kuchsiz ta'sir ostida parchalanadilar. Bu hodisani tushuntirish uchun yangi kvant soni - g'alatilik va g'alati kvark s fanga kiritildi. Demak, agar $\pi^- + p \rightarrow K^- + K^+ + n$ jarayonni qarasaq, K^- va K^+ - mezonlar $s=-1$ va $s=+1$ g'alatilik kvant sonli zarralar bo'lib, π^-, π^0, π^+ - mezonlar uchun $s=0$. G'alati zarralar kuchli ta'sir ostida faqat juft, kuchsiz ta'sirda esa toq holda ham hosil bo'ladi. Bunday jarayonlarga keyinchalik yana qaytamiz.

Giperzaryad: Y oddiy va g'alati zarralar uchun $Y=B+S$ kabi aniqlanadi. U holda yuqoridagi Gell - Mann - Nishidjima munosabati $q = T_z + \frac{1}{2}Y$ kabi yoziladi. s - g'alatilik kvant soniga qaraganda giperzaryad hisoblashlarda ancha qulaydir.

Maftunkorlik kvant soni: C g'alatilik kvant soni kabi fanga kiritilgan va u, d, s kvarklardan tuzilgan adronlar kabi, to'rtinchi kvark $-c$ qatnashgan adronlarni karakterlaydi. D^+ - mezon va Λ_c^- - giperonlar uchun $C=+1$, ularning antizarralari uchun esa $C=-1$ ga teng. Adronlarning kvark strukturasi qaraganimizda bu hol yanada tushunarli bo'ladi. Bu holda Gell - Mann - Nishidjima munosabati $q = T_z + \frac{1}{2}(B+S+C)$ ko'rinishga keladi.

Giperzaryad esa $Y=B+S+C$ kabi ifodalanadi.

Zaryad juftligi: η_c fazo juftligi η_c ga o'xshagan bo'lib, bu kvant soni zaryad qo'shma operatori \hat{C} ta'sirida zarra to'lqin funksiyasi o'zgarishini aniqlaydi.

\hat{C} - zaryad qo'shma operatori zarra to'lqin funksiyasini unga mos antizarra to'lqin funksiyasiga almashtiradi.

Bu yerda, X - zarrani $\hat{C}X = \tilde{X}$ (yoki uning to'liq funksiyasini) belgilaydi. \hat{C} operatori ermit operatoridir, ya'ni unga qo'shma operator $-\hat{C}$ \hat{C} operatorga teng, ya'ni $\hat{C} = \hat{C}^*$.

Ma'lumki, fizikada ermit operatori biror fizik kattalikni ifodalaydi. Shu sababli, o'lchashda \hat{C} operatorning xususiy qiymatlaridan biri η_c ga ega bo'lishimiz mumkin. Ya'ni, $\hat{C}X = \eta_c X$, bu yerda η_c - kvant soni zarraning zaryad juftligi deb ataladi. $\hat{C}^2 = 1$ bo'lgani uchun $\eta_c^2 = 1$ bo'ladi. Shu sababli, fazoviy juftlik - η_p kabi $\eta_c = +1$ yoki $\eta_c = -1$ bo'ladi. Barcha zarralar ham aniq zaryad juftligiga ega emas. Haqiqiy neytral zarralar, ya'ni o'zining antizarrasi bilan mos tushadigan zarralar aniq zaryad juftligiga egadir. Bunday zarralarga γ -foton, π^0 - mezon, η^0 - mezon, ρ^0 - va ω - rezonanslar va hali tajribada tasdiqlanmagan G - graviton kiradi. Bu zarralarning barcha "zaryad" kvant sonlari $(L, B, T, S, C, Y) = 0$ ga teng. Masalan, $\eta_c(\gamma) = -1$ chunki $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ dan $\eta_c(\pi^0) = +1$, $\eta_c(\pi^0) = \eta_c(\gamma) \cdot \eta_c(\gamma) = (-1)(-1) = +1$.

Shu bilan birga pozitroniy, ya'ni e^+ va e^- dan tuzilgan neytral "atom" ma'lum zaryad juftligiga ega [1].

O'rtacha yashash vaqti: τ bilan belgilanadi. Zarraning yashash vaqti sekundlarda ifodalanadi. Odatda rezonanslar yashash vaqti energetik birliklarda o'lchanuvchi Γ - parchalanish kengliklarida ham ifodalanadi. Nostabil zarra parchalanish kanallari, odatda % larda ifodalanadi va jadvallarda keltiriladi [4].

ZARRALAR FIZIKASI ASOSIY TUSHUNCHALARI SPIN TUSHUNCHASI

Ma'lumki, zarralar (yoki atom va yadrolar) to'g'risida so'z yuritilganda "spin" so'zi ko'p ishlatiladi. Shu bilan birga moddalarning ferromagnit, paramagnit va diamagnit yoki o'ta o'tkazuvchanlik xususiyatlari ham ulardagi elektronlar spinini bilan bevosita bog'liqdir. Lekin ko'pincha talabalarda spin to'g'risida qandaydir abstrakt, chalkash tushuncha shakllanish holatlari ham uchrab turadi. Shu sababli ham ularda spin to'g'risida yanada mukammalroq, yaqqol tasavvur hosil g'ilish o'ta muhimdir. Chunki spin to'g'risidagi aniq tasavvursiz u bilan bog'liq moddalarning magnit yoki o'ta o'tkazuvchanlik xususiyatlarini, zarralar olamidagi boshqa ko'plab jarayonlar tabiatini anglash mumkin bo'lmaydi.

Elementar zarralarning o'ziga xos xarakteristikalaridan biri ularning spinidir. *Spin so'zi inglizcha so'z bo'lib aylanmoq, aylanish ma'nosini anglatadi.* Bu tushuncha dastavval nurlanish manbalari bo'lmish atomlarning nurlanish spektrlarini tushuntirish maqsadida fanga kiritilgan.

Ma'lumki, 1897-yili ingliz fizigi J. Tomson (1856-1940) tomonidan o'tkazilgan tajribada elektron kashf qilingandan keyin u tomonidan 1903 yilda atomning ilk fizik modeli ilgari surildi. Bu modelga ko'ra, atom musbat zaryadli qattiq sfera va sfera ichida tebranuvchi manfiy zaryadli elektronlardan tashkil topgan. Lekin 1908 yilda uning shogirdi ingliz fizigi Ernest Rezerford (1871-1937) talabalari Gans Geyger (1882-1945) va Ernest Marsdenlar (1889-1970) bilan α -zarralar (${}^4\text{He}$ -geliy atomi yadrolari)ning yupqa oltin sirtidan sochilishi bo'yicha o'tkazgan tajribasi natijalari atomning Tomson modelining noto'g'riligini ko'rsatdi. Chunki α -zarralarning taxminan 20000 tadan bittasining orqaga sochilishi uning deyarli bo'shliqdan iborat bo'lib, juda kichik $\sim 10^{-12}$ m radiusli yadroga egaligiga ishora qildi. Agar atom Tomson aytganday tuzilib, qattiq sferadan iborat bo'lganida orqaga sochilgan (katta burchakka og'gan) α -zarralar soni ko'p bo'lgan bo'lardi. Agar atom o'lchami $\sim 10^{-10}$ m ekanligini e'tiborga olsak, uning asosiy qismi "bo'shliq" bo'lishini tushunish oson bo'ladi. Shunday qilib, o'zining tajribalari asosida Rezerford atomning yangi modelini ilgari surdi. Rezerford modeli atomning yadro modeli yoki atomning planetar (bu yerda quyosh atrofida planetalar aylangani kabi yadro atrofida elektronlarning aylanma harakati nazarda tutiladi) modeli deb ham ataladi. Yadro atom massasining asosiy qismini tashkil qilib, musbat zaryadga ega, yadro atrofida esa elektronlar doiraviy orbitalar bo'ylab harakatlanadilar. Elektronlar manfiy zaryadlarining yadro musbat

zaryadiga tengligi atomlarning neytralligini ta'minlaydi. Ya'ni, tartib nomeri Z bo'lgan atomda Z ta elektronlar orbitalar bo'ylab harakatlanib, uning yadrosidagi Z ta protonlar yadroning $+Ze$ musbat zaryadga ega bo'lishini ta'minlaydi.

Ma'lumki, atomlar yorug'lik manbalari hisoblanadi. Shu ma'noda atomlarning nur chiqarishi yoki yutishi Tomson modeli bo'yicha qattiq musbat zaryadlangan qobiq ichida harakatlanayotgan elektronlar harakatining biror tashqi ta'sir ostida o'zgarishi bilan tushuntiriladi. Ya'ni, qandaydir tashqi ta'sir ostida biron elektron sekinlashsa u o'zining ortiqcha energiyasini nur ko'rinishida chiqaradi yoki nurni yutishi natijasida atomning biron elektroni tezlashadi. Rezerford modeli bo'yicha esa atomning tuzilishi klassik elektrodinamika qonunlariga zid edi. Birinchidan, elektron yadro atrofida aylanma harakatda bo'lishi natijasida tezlanishga ega bo'ladi. Ma'lumki, tezlanish bilan harakatlanayotgan har qanday zaryadli zarra uzluksiz elektromagnit nur chiqaradi. Ikkinchidan, bu elektromagnit nurlanishning chastotasi elektronning yadro atrofida aylanish chastotasi $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{e^2}{m_e r^3}}$ ga teng bo'lishi kerak, bu yerda, m_e - va e -

mos holda elektron massasi va zaryadi. Shunday qilib elektrodinamika qonunlariga ko'ra, elektron yadro atrofidagi harakati natijasida nur chiqarishi va shu bilan birga uning nurlanish chastotasi ham yuqoridagi ifodaga ko'ra ortib borishi kerak (r kamayishi hisobiga). Natijada, atomlar uzluksiz nurlanish spektriga ega bo'lishlari hamda hisob-kitoblarga ko'ra juda qisqa $\sim 10^{-8}$ s vaqt davomida elektronning o'z to'la energiyasini nurlatib uning yadroga qulashi natijasida "yo'qolish"i kerak edi. Lekin atomlar o'ta barqaror tuzilmalar bo'lib amalda bunday hodisa sodir bo'lmaydi. Rezerford modelidagi bu cheklanishni daniyalik fizik N. Bor (1885-1962) 1913 yili o'zining ikki (ba'zi adabiyotlarda uch) postulatiga asoslangan nazariyasi bilan tuzatishga muvaffaq bo'ldi.

1. Atomlar statsionar holatlarda mavjud bo'lib, bu holatlarda ular nurlanmaydilar va nur yutmaydilar. Ya'ni, atomning har bir statsionar holatida elektron yadro atrofida ixtiyoriy orbita bo'ylab emas, balkim ma'lum statsionar orbita bo'ylab harakatlanadi.
2. Atomlar bir statsionar holatdan ikkinchisiga o'tganda nur chiqaradi yoki yutadi. Bu nur monoxromatik bo'lib, uning chastotasi $h\nu = E_m - E_n$ ifodadan aniqlanadi. Agar $m > n$ bo'lsa, yoki elektron yadrodan uzoq orbitadan yadroga yaqin orbitaga o'tsa, nur chiqaradi. Agar $m < n$ bo'lsa, elektron nur yutib, yadroga yaqin orbitadan yadrodan uzoq orbitaga o'tadi.

Tez orada N.Bor o'z postulatlarini asosida vodorod atomining kvant nazariyasini yaratdi. Unga ko'ra atomda diskret energetik holatlar va ularga mos kvantlangan orbitalar mavjud. Bu yerda kvantlangan deganimizda atom faqat ma'lum energetik qiymatli holatlarga va faqat ma'lum radiusli elektron orbitalarga ega bo'lishi nazarda tutiladi. Ya'ni, atom tabiatida (mikrodunyoda, mikroskopik hodisalarda) uzluksiz emas, balkim diskret qiymatli kattaliklar rol o'ynashi ma'lum bo'ldi. Bilamizki, makroskopik hodisalar (Nyuton mexanikasi) uchun uzluksiz qiymatli kattaliklar xarakterli edi. N.Bor tomonidan yaratilgan vodorodsimon atomlar nazariyasiga ko'ra, statsionar orbitada harakatlanayotgan elektron energiyasi E_n va orbita radiusi r_n uchun diskret qiymatlar $E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{2n^2 \hbar^2}$,

$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{m_e Z e^2}$ o'rinli ekanligi ko'rsatildi. Bu yerda, Z - atom tartib nomeri, $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ - va $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ - elektron massasi va zaryadi, $n = 1, 2, 3, \dots$ - bosh kvant soni, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Plank doimiysi va $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ va $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ - elektr doimiysi. Bu ifodalar yordamida vodorod atomi

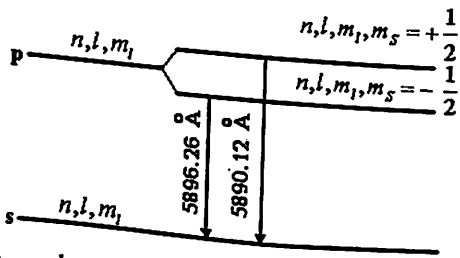
1 - orbita radiusi va unda harakatlanayotgan elektron energiyasining $n=1$ hol uchun olingan $E_1 = -13,6 \text{ eV}$, va $r_1 = 0,528 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ qiymatlar tajriba natijalariga juda ham mos keldi (r_1 -Bor radiusi deb ham ataladi). Shu o'rinda bu qiymatlar n -bosh kvant soniga bog'liqligini aytib o'tamiz ($n=1, 2, 3, \dots$). Bosh kvant son $-n$ dan tashqari atomdagi elektron holatini l -orbital va m -magnit kvant sonlari ham aniqlaydi $l=0, 1, 2, \dots, n-1$ va $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ Orbital kvant son $-l$ spektroskopiyada ishlatiladigan s, p, d, f, g, h kabi belgilar bilan ham mos ravishda belgilanadi, ya'ni, s, p, d, f, g, h . $l=0, 1, 2, 3, 4, 5$. Dastlabki paytda atomdagi elektron holati n, l, m kvant sonlari bilan to'la aniqlanar edi. Keyinchalik esa bu 3 kvant sonining atomdagi elektron holatini aniqlashga kamlik qilishi bilinib qoldi. Bunga sabab atomlar ayrim spektral chiziqlarning ikkiga ajralish xususiyati bo'ldi. Masalan, $^{23}_{11}\text{Na}$ atomining $3p \rightarrow 3s$ o'tishida kuchli nurlanish sodir bo'lishi kuzatildi (bu yerda, $n=3$ va $l=1$ dan $l=0$ holatga o'tish nazarda tutiladi). Yuqori aniqlikdagi kuzatishlar bu nurlanish chizig'ining ikkita to'lqin $5890,12$ va $5896,26 \text{ \AA}$ uzunliklardan iborat dubletligini ko'rsatdi. Atom fizikasida spektral chiziqlarning ikkiga ajralib dublet xarakter kasb etishi atom spektrining nozik strukturasi deb nomlandi. Atom spektrlarining nozik strukturasi tushuntirish uchun atomning Bor modeliga ma'lum qo'shimchalar kiritish zaruriyati tug'ildi. Dastlab Amerikalik fizik

A. Kompton (1892-1962) 1921-yili elektron pildiroqqa o'xshab o'z o'qi atrofida aylanuvchi zarra bo'lishi mumkin degan fikrni ilgari surdi. Keyinroq 1925-yilda golland fiziklari S. Gaudsmit (1902-1979) va J. Ulenbek (1900-1974) atom elektron qobig'idagi elektronlar yadro atrofida orbita bo'ylab aylanma harakat qilishlari bilan bir qatorda o'z o'qlari atrofida ham aylanma harakatda bo'ladilar degan g'oyani ilgari surishdi. Bu holat Quyosh atrofida planetalar orbita bo'ylab hamda shu bilan birga o'z o'qlari atrofida ham aylanma harakatda bo'lishlariga o'xshashdir. Elektronning zaryadi va massasi kabi uning o'z o'qi atrofida pildiroqsimon harakati ham unga xos ajralmas xususiyat deb qaraldi. Yuqorida qayd qilganimiz kabi atomdagi elektronning o'z o'qi atrofidagi pildiroqsimon harakati inglizcha "spin", ya'ni aylanish ma'nosini bildiruvchi so'z bilan nomlanib S harfi bilan belgilandi (bu yerda spin- S ni atom sathidagi s -holat bilan chalkashtirmaslik kerak). Agar elektronning orbita bo'ylab harakati orbital harakat miqdori yoki orbital impuls momenti bilan xarakterlansa, uning o'z o'qi atrofidagi harakati spin - xususiy harakat miqdori momenti (yoki xususiy impuls momenti) bilan izohlanadigan bo'ldi. Shu o'rinda klassik fizikada orbital harakat miqdori momenti $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ ifoda bilan aniqlanishini va bu klassik harakat miqdori momenti ixtiyoriy qiymat qabul qilishini eslatib o'tamiz. Ma'lumki, kvant fizikada elektronning orbital impuls momenti - L kvantlangan bo'lib, $L = \sqrt{\ell(\ell+1)}\hbar$ ifoda bilan aniqlanadi, bu yerda, ℓ diskret qiymatlarni qabul qiladi. Elektronning orbita bo'ylab harakatlanishi va u elektr zaryadiga egaligi sababli mexanik (orbital) momentdan tashqari magnet momentga ham ega bo'ladi. Bu magnet moment orbital impuls momentining z -komponentasi bilan quyidagicha aniqlanadi: $M_L = \frac{e}{2m_e c} L_z$, bu yerda, c -yorug'lik tezligi. Orbital impuls momentining z - tashkil etuvchisi ham kvantlangan, ya'ni diskret qiymatlar qabul qiladi: $L_z = m\hbar$ bu yerda, m -magnet kvant soni bo'lib, $m=1$ da $M_L = \frac{e\hbar}{2m_e c}$ ko'rinishga keladi. $\frac{e\hbar}{2m_e c}$ ifodada barcha o'zgarmas kattaliklar qatnashgani uchun, bu nisbat ham doimiy bo'lib M_B harfi bilan belgilanadi va Bor magnetoni deyiladi. Bor magnetoni, agar uning ifodasidagi doimiy kattaliklarning qiymatlarini o'rniga qo'ysak, $M_B = \frac{e\hbar}{2m_e c} = (9,274078 \pm 0,000036) \cdot 10^{-24} \frac{J}{Tl}$ ga teng bo'ladi. Bor magnetoni magnet momentining eng kichik birligidir, ya'ni atomdagi elektronning magnet momenti magnetonlarda o'lchanadi va $M_L = m M_B$ deb yozish mumkin. Shu o'rinda atom yadrolari ham magnet momentiga ega

bo'lishi va ularning magnet momentlari $M_{\nu} = \frac{e\hbar}{2m_p}$ - yadro magnetonlarida o'lchanishini eslatib o'tamiz. Bu yerda m_p - proton massasi bo'lib, u elektron massasidan 1836 marta kattaligi uchun yadro magnetoni Bor magnetonidan 1836 marta kichikdir. Shunga o'xshash, atomdagi elektronning spin momenti uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin, ya'ni $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$, bu yerda, s -spin kvant soni. Spin proyeksiyasi $2s+1$ qiymat qabul qilishini va har bir energetik sath ikkiga ajralishini e'tiborga olsak, $2s+1=2$ dan $s=\frac{1}{2}$ ekanligi kelib chiqadi. Demak, elektronning spin kvant soniga $\frac{1}{2}$ kasr sonini yozishimiz kerak ekan. Bundan, yuqoridagi ifodaga ko'ra, spinning (xususiy impuls momentining) xususiy qiymati $S = \sqrt{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}+1)}\hbar = \frac{\sqrt{3}\hbar}{2}$ ga teng bo'lishi kelib chiqadi. Spin xususiy qiymatining z -o'qqa proyeksiyasi (sathlarning ikkiga ajralishi sababli) esa $S_z = +\frac{1}{2}\hbar$ yoki $S_z = -\frac{1}{2}\hbar$ qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Elektron zaryadga egaligi uchun o'z o'qi atrofidagi aylanma harakatida ham orbita bo'ylab harakatidagi kabi magnet moment hosil qiladi. Bu magnet momentni orbital magnet momentdan farqlash uchun u xususiy magnet moment yoki spin magnet moment deb ataladi va M_s deb belgilanadi (shu maqsadda orbital magnet momentni M_L , orbital magnet kvant sonni esa m_L deb yozish qabul qilingan). Xususiy magnet moment va spin (xususiy impuls momenti)ning z - tashkil etuvchilari uchun $M_s = 2 \frac{e}{2m_e c} S_z$ ifodani yozishimiz mumkin. Bu yerda, $S_z = \pm \frac{1}{2}\hbar$ bo'lganligi va tajribalar elektronning xususiy magnet momenti Bor magnetonining butun qiymatiga tengligini ko'rsatganligi sababli 2 ko'paytuvchi paydo bo'ladi. Spinning z - tashkil etuvchisi uchun $S_z = m_s \hbar$ deb yozishimiz mumkin. Bu yerda, m_s -spin magnet kvant son deyiladi va $m_s = \pm \frac{1}{2}$ qiymatlar qabul qilishi yuqoridagi ifodalardan kelib chiqadi. Shunday qilib, elektronning orbita bo'ylab harakati natijasida hosil bo'lgan orbital magnet moment M_L va uning o'z o'qi atrofida aylanishi natijasida hosil bo'lgan xususiy magnet momenti M_s o'zaro ta'sirlashishi natijasida xususiy magnet moment orbital magnet moment yo'nalishida (parallel) yoki unga qarshi magnet moment yo'nalishida (antiparallel) oriyentatsiyalanadi, ya'ni $m_s = \frac{1}{2}$ "spin tepaga"

yoki $m_s = -\frac{1}{2}$ "spin pastga" yo'nalgan bo'ladi. Bu ikkala magnet momentlarining o'zaro ta'siriga spin-orbital o'zaro ta'sir deyiladi. Bu spin-orbital o'zaro ta'sir atom energetik sathlarining dublet hosil qilib, ikkiga ajralishiga sabab bo'lib, natijada atom spektrlarining nozik strukturasi olib keladi. Masalan, p -sath uchun $l=1$ bo'ladi. Bu sathdagi elektronning to'la impuls momenti $j=l \pm s$ (spin-orbital o'zaro ta'sir ifodasi) ifodaga binoan va $j_z = (l_z \pm s_z)\hbar = (1 \pm \frac{1}{2})\hbar$ ifodaga ko'ra $j_z = (1 + \frac{1}{2})\hbar = \frac{3}{2}\hbar$ yoki $j_z = (1 - \frac{1}{2})\hbar = \frac{1}{2}\hbar$ ga teng bo'ladi. Ya'ni, p -sath ikkita sathga ajraladi.

Shunga o'xshash sathlarning ajralishi $d-, f-, g-, h-$ sathlar uchun ham sodir bo'ladi. Bu ajralish faqat s -sathlar uchun sodir bo'lmaydi. Chunki bu sath uchun $l=0$ bo'lganligidan orbital impuls va orbital magnet momentlari 0 ga teng bo'ladi. Shu sababli ham spin magnet moment oriyentatsiyalanadigan tashqi (orbital) magnet moment yo'qligidan bu sath ikkiga ajralmay qoladi. Spin tushunchasi kiritilishi bilan atomdagi elektron holati 3 ta (n, l, m_l) emas, balkim 4 ta (n, l, m_l, m_s) kvant sonlari bilan xarakterlanadigan bo'ldi (bu yerda har doim spin $s = \frac{1}{2}$ bo'lganligi uchun u elektron holatini aniqlashda asosiy emasligi ko'rinadi). Sathlarning ajralishini (masalan, yuqorida qaralgan $^{23}_{11}\text{Na}$ atomi nurlanish chizig'ining ikkita to'liq uzunlikdan iboratligini) quyidagi rasmdan ko'rish mumkin (bu yerda spin-orbital o'zaro ta'sir mohiyatini tushunish muhimligi nuqtai-nazaridan masshtab asosiy emasligiga e'tiboringizni qaratamiz).



Spinni e'tiborga olganda ikkiga ajralgan sathlar energiyasi $E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{2n^2 \hbar^2} \pm \Delta E$, ko'rinishida aniqlanadi. Bu yerda, ΔE , spinni e'tiborga olgandagi energiya o'zgarishini bildiradi. Nazariy hisoblangan ΔE , tajriba natijalariga juda mos keladi va bu energiya farqi $\Delta E_s = \vec{M}_s \cdot \vec{B}$ kabi aniqlanadi. Bu yerda, \vec{B} - elektronning yadro atrofida aylanishi natijasida hosil bo'lgan magnet maydon induksiya vektoridir.

Biz atom to'g'risidagi tasavvurlar rivojlanishi va atom tuzilishida elektronning spin (xususiy impuls momenti)ga ega bo'lishi, u bilan bog'liq atom spektrining nozik strukturasi - ayrim energetik spektr chiziqlarining ikkiga ajralishini qarab chiqdik. Keyinroq esa spin tushunchasi nafaqat atomda joylashgan elektronga, balkim barcha atom, yadro va elementar zarralarga xosligi ma'lum bo'ldi. Shu o'rinda spin to'g'risidagi biz qarab chiqqan tasavvurdagi hozirda mavjud bo'lgan cheklanish haqida ham to'xtalib o'tish o'rindir. Chunki biz elektronni sfera ko'rinishida tasavvur qilsak, tajriba natijasiga erishish uchun elektron sirti yorug'lik tezligidan katta tezlikda harakatlanishi kerak bo'ladi. Lekin maxsus nisbiylik nazariyasiga ko'ra bunday bo'lishi mumkin emas.

Atom va yadro spinlari eng so'nggi qobiqda joylashgan (juftlashmagan) elektron va nuklonning spini bilan aniqlanishini eslatib o'tamiz (yadrodagi nuklonlar ham atomdagi elektronlar kabi orbital qobiqlarda joylashgan bo'ladi). Chunki to'la qobiqlardagi elektronlar spini ularning o'zaro bir-birini kompensatsiyalashi natijasida 0 ga teng bo'ladi.

Atomda joylashgan elektronning spinga egaligi 1921-yilda nemis fiziklari O.Shtern (1888-1969) va V.Gerlax (1889-1979) o'tkazgan tajriba natijasini tushuntirishga imkoniyat yaratdi. Bu tajriba mohiyati quyidagicha: kumush elementi pechda qizdirilishi natijasida uning atomlari dastasi hosil qilinadi va bir jinsli bo'lmagan magnet maydonidan o'tkazilganida atomlar dastasining maydon yo'nalishi bo'ylab ikkiga ajralishi natijasida fotoplastinkada bitta o'rniga ikkita iz hosil bo'ladi. Keyinchalik bu holat tashqi elektron qobig'ida bitta elektroni $l=0$ holatda bo'lgan vodorod, mis, oltin, natriy va kaliy atomlarida ham kuzatilgan. Tashqi qobiqdagi elektron $l=0$ holatda bo'lgani uchun uning orbital magnet momenti M_L nolga teng bo'ladi. Shu sababli atomning tashqi magnet maydoni bilan bo'ladigan ta'siri tashqi qobiqdagi elektronning spin magnet momenti mavjudligi sababli yuzaga keladi. Bunda tashqi magnet maydoni dastadagi atomlarga $\vec{F} = -\frac{d}{dz}(\Delta E_s) = -m_s \frac{2eh d\vec{B}}{2m dz}$ ifodaga ko'ra kuch bilan ta'sir ko'rsatadi. Bu yerda, \vec{B} - tashqi magnet maydon induksiya vektoridir. Dastadagi atomlar spin magnet kvant soni $-m_s = \pm \frac{1}{2}$ bo'lgani uchun ularga ta'sir qiluvchi kuch yo'nalishi ushbu kvant son ishorasiga qarab turli tomonga yo'nalgan bo'ladi va natijada dasta ikkiga ajralishi sodir bo'ladi.

Odatdagi fazomizning izotropik xususiyatiga asoslangan impuls momentining saqlanish qonuni kabi xususiy impuls momenti - spin ham barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi. Shu sababli zarralar bilan bo'ladigan

har qanday jarayonda uning o'ziga xos o'rni bor. Masalan, avstriyalik fizik V. Pauli (1900-1958) $^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{210}_{84}\text{Po} + e^-$ jarayonda spin saqlanmasligi asosida yangi zarra neytrinning mavjudligini bashorat qildi. Chunki yadrolar spini mos holda 1 va 0 ga, elektronniki esa $\frac{1}{2}$ ga teng va bu jarayonda $1 \rightarrow \frac{1}{2}$ o'tish sodir bo'lishi mumkin emas. Bu jarayonda yadrodagi bitta neytron protonga o'tadi, ya'ni $n \rightarrow p + e^-$ sodir bo'ladi. Bunda p -proton va e^- -elektron spinlarining bir tomonga va turli tomonga yo'nalganligiga qarab $\frac{1}{2} \rightarrow 0$, yoki $\frac{1}{2} \rightarrow 1$ o'tish sodir bo'lishi kerak. Lekin bunday bo'lishi mumkin emas. Natijada Pauli g'ayritabiiy xususiyatga ega bo'lgan neytral zarra-neytrino mavjudligi g'oyasini ilgari surdi, ya'ni, $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ bo'lishini ko'rsatdi. Natijada spin saqlanish qonuni buzilmaydi, elektron antineytrino spini ham $\frac{1}{2}$ ga tengligi va elektron bilan o'zaro qarama-qarshi yo'nalishlarda uchib chiqqanliklari sababli spin saqlanish qonuni buzilmaydi, ya'ni $\frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2}$ o'tish sodir bo'ladi.

IZOTOPIK FAZO VA IZOTOPIK SPIN (IZOSPIN)

Zarralarning xarakteristikalarini 3 o'lchovli fazo va vaqtning simmetrik xususiyatlariga ham bog'liqligi to'g'risida to'xtalib o'tgan edik. Bu yerda ichki (yashirin) fazo deganda biz bilgan odatdagi 3 o'lchovli fazodan boshqa, abstrakt fazo nazarda tutiladi va bunday fazolar fizik reallikni tushuntirish uchun kiritiladi. Shunday ichki (yashirin) fazolardan birinchisi - izotopik fazo bo'lib, bu tushuncha XX asrning 30-yillarida nemis fizigi V. Geyzenberg (1901-1976) tomonidan fanga kiritilgan. Bunga sabab yadro kuchlarining yadroviy o'zaro ta'sirda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadiga bog'liq emaslik xususiyatidir.

Birinchidan, 1932 yili ingliz fizigi J. Chedvik (1891-1974) neytronni tajribada kashf etgandan keyin (neytronning mavjudligi uning ustozlari - ingliz fizigi E. Rezerford (1871-1937) tomonidan 1921 yilda bashorat qilingan edi) rus fizigi D. Ivanenko (1904-1994) va nemis fizigi V. Geyzenberg tomonidan atom yadrolarining proton va neytronlardan tuzilganligi to'g'risidagi g'oya ilgari surildi. Bu g'oyaga ko'ra musbat zaryadga ega protonlar hamda zaryadga ega bo'lmagan (neytral)

neytronlardan iborat yadrolarning umumiy zaryadi musbat bo'lib, elektrostatika qonunlariga ko'ra bunday yadro stabil bo'lmazligi kerak (bu yerda protonlarning o'zaro bir-biridan itarilishi nazarda tutilmoqda). Bu dalil yadro kuchlarining (shu jumladan, kuchli o'zaro ta'sirning) elektrostatik xarakterdagi kuchlar emasligiga birinchi ishora edi.

Ikkinchidan, tez orada yadro kuchlariga nisbatan proton va neytron o'zlarini mutlaqo bir xil tutishlari ma'lum bo'ldi. Yadrolarda elektrostatik kuchlar asosiy kuch bo'lmay, qisqa masofalarda ($\sim 10^{-15}$ m) o'zini namoyon qiluvchi o'ta intensiv va o'ziga xos xususiyatga ega yadro kuchlari mavjudligi aniqlandi. Shu o'rinda atom fizikasida elektr kuchlari asosiy o'rinni egallashini eslatib o'tish o'rinlidir. Masalan, elektromagnit kuchlar sababli atom yadrosi bilan elektronlar o'zaro bog'lanib, atomlarni, atomlar birlashib esa molekullarni hosil qilishini bilamiz. Yoki bo'lmasa, biror atom yadrosiga bitta proton qo'shilsa, bu atomning A -atom soni bir birlikka ortishi natijasida, dastlabki va hosil bo'lgan atom xossalari bir biridan tubdan farq qiladi. Aksincha, agar atom yadrosiga yangi neytron qo'shilsa, o'sha atomning izotopi hosil bo'ladi va dastlabki atom hamda uning izotopi xossalari o'zgarib, deyarli bir xilligicha qoladi. Shunday qilib, ikkita neytron $n-n$, neytron-proton $n-p$ va ikkita proton $p-p$ lar orasidagi yadro kuchlarining tengligi yadro kuchlarining yadroviy jarayonda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadlariga bog'liq bo'lmazligini ko'rsatdi. Bu esa nuklonlar (proton va neytronning umumiy nomlanishi) orasidagi kuchli o'zaro ta'sir (ya'ni yadro kuchlari) boshqa bir fundamental kattalikka bog'liq bo'lishi kerak degan fikrga olib keldi. Unga ko'ra, qandaydir ichki 3 o'lchovli Evklid fazosi mavjud bo'lib, bu fazo bizning odatdagi fazomizga hech qanday aloqasi yo'q. Bu ichki (yashirin) fazoga izotopik fazo deb nom berildi. Har bir nuklon bir vaqtning o'zida biz bilgan odatdagi fazoda va shu bilan birga ushbu izotopik fazoda mavjud bo'ladi. Izotopik fazoda barcha nuklonlar hamma vaqt koordinatalar boshida joylashgan hamda o'z o'qlari atrofida aylanma harakatda qatnashib, ilgarilanma harakat qila olishmaydi deb qaraldi. Shunga ko'ra, izotopik fazoda nuklonlar impuls va orbital momentga ega bo'lmay, balkim odatdagi fazodagi spinga o'xshash spin - harakat miqdori momentiga ega bo'ladilar. Bu harakat miqdori momenti biz bilgan spinga hech qanday aloqasi bo'lmaganligi sababli boshqacha nom bilan, ya'ni izotopik spin deb nomlandi. Izotopik spin odatdagi spin kabi kvantlangan bo'ladi, ya'ni, diskret qiymatlar qabul qiladi. Izotopik spin izotopik invariantlik (yoki zaryad invariantlik) ni bayon qilish uchun kiritilgan fizik kattalikdir. Izotopik invariantlikning mohiyati yadro kuchlarining

(umuman, kuchli o'zaro ta'sirning) izotopik fazodagi burilishlarga nisbatan invariantligini bildiradi. Boshqacha aytganda, yadro o'zaro ta'sirlarida (ya'ni kuchli o'zaro ta'sirlarda) izotopik spin saqlanuvchi kattalik hisoblanadi. Izotopik spin – T odatda musbat yarim kasr yoki butun songa teng bo'lishi, uning 3-o'qqa, ya'ni z -o'qqa proyeksiyasi $T_3(T_z)$ esa T dan $-T$ gacha bo'lgan qiymatlarni qabul qilishi mumkin deb hisoblanadi. $T = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots$, $T_3 = T, T-1, \dots, -T$. T - izotopik spinga ega bo'lgan zarra izotopik fazoda $2T+1$ holatga ega bo'lishi mumkin. Bu $2T+1$ holatlar to'plami multiplet deb ataladi. Izospin proyeksiyalari T_3 turli qiymat qabul qilgan har bir holatga esa turli zarra mos keladi. Ammo izotopik fazoga nisbatan multipletga kirgan zarralarning barchasi shu fazoda turli orientatsiyaga ega bo'lgan aynan bir xil zarra hisoblanadi. Shu ma'noda proton va neytron ham bitta zarra bo'lmish nuklonning turlicha orientatsiyalangan holatlari hisoblanadi. Bu fikrni 1932 yilda V.Geyzenberg ilgari surgan edi. Unga ko'ra faqat yadro kuchlari (kuchli o'zaro ta'sir) mavjud bo'lganda edi, proton va neytron bir xil massaga ega bo'lardi. Elektromagnit o'zaro ta'sir izotopik invariantlikni buzadi va natijada ular massalari tajribada kuzatilgani kabi turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

Nuklonning izotopik spini - $T = \frac{1}{2}$ ga teng deb qabul qilingan. Shuning uchun nuklon izotopik fazoda $2T+1=2$ ta holatga, ya'ni $T_3 = \frac{1}{2}$ (proton) va $T_3 = -\frac{1}{2}$ (neytron) holatlarga ega bo'lib, dublet - 2 ta zarradan iborat multiplet hosil qiladi. Lekin odatdagi fazoda spini $S = \frac{1}{2}$ ga teng zarraning spin proyeksiyalari $S_z = \frac{1}{2}$ va $S_z = -\frac{1}{2}$ bo'lishi mumkinligi uning ikkita zarra emas, balkim, bitta zarraning ikki xil holati deb hisoblangani kabi izotopik fazodagi izospin proyeksiyalari $T_3 = \frac{1}{2}$ va $T_3 = -\frac{1}{2}$ bo'lgan holatlar ham (mos holda proton va neytronni tavsiflovchi yoki ifodalovchi) ikkita alohida zarra emas, balkim bitta zarra bo'lgan nuklonning ikki xil holati deb qaraladi. Xususan, izotopik fazoning γ o'qi atrofida 180° ga bursak neytron protonga, proton esa neytronga aylanadi. Shu sababli ham proton-proton, proton-neutron va neytron-neutron orasidagi yadro kuchlari o'zaro tengdir. Shu o'rinda bu ichki (yashirin) izotopik fazoning 3 o'lchovlilikiga asosida \vec{T} -izospin vektorining qolgan T_x va T_y (yoki T_1 va T_2) tashkil etuvchilari qanday fizik manoga ega degan savol tug'ilishi mumkin.

Bu savolga javob: bu tashkil etuvchilar hech qanday o'lchanadigan fizik kattalik bilan bevosita bog'liq emas va shu sababli ham hech qanday ahamiyat kasb etmaydi. Izospinning uchinchi tashkil etuvchisi T_z (T_3) esa bevosita zarraning elektr zaryadi bilan $q = e(T_3 + \frac{1}{2})$ formula orqali bog'langan. Shu sababli ham elektr zaryadining saqlanish qonunidan izospinning 3-tashkil etuvchisi T_3 (T_z) ning har qanday o'zaro ta'sirda ham saqlanishi – saqlanuvchi kvant soni ekanligi kelib chiqadi.

Keyingi tadqiqotlarda esa bu izospin formalizmining nafaqat proton, neytron va atom yadrolariga, balkim barcha kuchli o'zaro ta'sirda (yadro ta'sirlarida) qatnashuvchi zarralar – adronlarga xos ekanligi ma'lum bo'ldi. Shu sababli bu xususiyatga adron o'zaro ta'sir kuchlarining elektr zaryadga bog'liqmaslik xususiyati ham deyiladi. Masalan, π -mezonlar uchun izospin $T=1$ ga teng. Yuqorida qayd qilganimizga binoan, izospin fazoda bu mezonlar $2T+1=3$ ta orientatsiyaga ega, ya'ni 3 ta zarradan iborat multiplet - triplet hosil qiladi. Izospin fazoda bu 3 holat bir xil zarra hisoblanadi. Izospin proyeksiyasi $T_3(T_z)$ - T dan $+T$ gacha bo'lgan butun songa o'zgaruvchi diskret $-1, 0$ va $+1$ qiymatlarni qabul qilganligi sababli izospinning har bir orientatsiyasiga oddiy fazoda aniq bir zarra mos keladi: $T_3 = -1$ orientatsiya π^- -mezonni, $T_3 = 0$ π^0 -mezonni va $T_3 = +1$ orientatsiya esa mos ravishda π^+ -mezonni tavsiflaydi (ifodalaydi). Mezonlar uchun elektr zaryadining formulasi $q = eT_3$ ko'rinishda bo'ladi. Atom yadrosi fizikasida izospin ko'pincha izobar spin deb ham ataladi va yuqoridagi kabi T harfi bilan belgilanadi (yadro fizikasida proton uchun $T_3 = \frac{1}{2}$, neytron uchun esa $T_3 = -\frac{1}{2}$ deb qabul qilingan). Zarralar fizikasida esa izospin $\vec{T}(T_1, T_2, T_3)$ - harfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, yadro kuchlarining bu ta'sirda qatnashayotgan zarralar elektr zaryadiga bog'liq emasligi asosida kiritilgan izospin formalizmi – izotopik fazo va bu ta'sirda saqlanuvchi izotopik spin (izospin) bir qarashda abstrakt bo'lib ko'rinsa ham chuqur fizik mohiyatga ega. Har qanday yadro jarayonlarida (kuchli yadro ta'sirda) izospin saqlanadi. Masalan a - adron, A - yadro bilan ta'sirlashib b - adron va B -yadro hosil bo'lsa, ya'ni $a+A \rightarrow b+B$ bo'lgan holda, $T_a + T_A = T_b + T_B$ o'rinni bo'ladi, ya'ni sistema izospini o'zgarmay qoladi. Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirda esa izospin saqlanmaydi.

Proton va neytron u - va d - kvarklardan tashkil topganligi hamda $p = uud$ va $n = udd$ bo'lganligi sababli u - va d - kvarklarning izospini $I = \frac{1}{2}$ deb qabul

qilingan. Ular izospinning 3- proyeksiyasi esa u - kvark uchun $I_z = \frac{1}{2}$ ga, d - kvark uchun esa $I_z = -\frac{1}{2}$ teng. Shu sababli, uud kvarklar izospin proyeksiyasi $I_z = \frac{1}{2}$, udd kvarklarniki esa $I_z = -\frac{1}{2}$ bo'lib, ular mos ravishda proton va neytron izospin proyeksiyalariga teng bo'ladi. Yadro tarkibida u va d dan boshqa kvarklar bo'lmashligi sababli s -, c -, b - va t - kvarklar izospinlari 0 ga teng deb qabul qilingan. Ichki (yashirin) izotopik fazo xususiyatiga asoslanib saqlanuvchi kattalik - izotopik spin - izospin elementar zarralar o'zaro ta'sirlari, ularning o'zaro bir-biriga aylanishlari kabi ko'p sonli va murakkab jarayonlarda o'zaro kuchli ta'sirning ajralmas belgisi sifatida bunday o'zaro ta'sirlarni o'rganishda muhim ahamiyatga ega [5].

FUNDAMENTAL ZARRALAR SINFI

Zarralar olamida adronlar guruhiga tegishli zarralarning son jihatdan ko'pligi sababli ularni ayrim xossalarga ko'ra sinflarga ajratib o'rganish ancha qulaylik tug'diradi. Shu sababli adronlarga tegishli fundamental (asosiy) zarralar tabiatiga, ularning o'ziga xos xususiyatiga to'xtalib o'tamiz.

Fundamental zarralar sinfiga tegishli zarralarni bayon qilish uchun bizni o'rab turgan Olam nimadan tuzilganiga e'tibor beraylik. Bilamizki, har qanday moddaning asosi atomlardan iborat. Atomlar birikib molekullarni tashkil qiladilar va ular esa o'z navbatida birikib moddalarni tashkil qiladi.

Har qanday kimyoviy elementning atomi yadro va uning atrofida orbitalar bo'ylab harakatlanuvchi elektronlardan tuzilgan. Atom yadrosi esa proton va neytronlardan tashkil topgan. O'z navbatida proton va neytronlar atom yadrolarida π - mezonlar (π^0, π^-, π^+) orqali, ularning o'zaro almashishlari natijasida, ushlab turiladi. Olamdagi barcha moddalarning asosi atom, atomning asosi esa uning yadrosi bo'lishi, yadro esa o'z navbatida proton va neytronlardan tashkil topganligi, proton va neytronlar yadroda π - mezonlar (π^0, π^-, π^+) orqali bog'lanib turishi sababli bu zarralar fundamental adronlar deyiladi. Shunday qilib, p - proton, n - neytron, π^0 -, π^- - va π^+ - mezonlar fundamental adronlar sinfini tashkil qiladilar.

Fundamental zarralarning xarakteristikalarini ilovadagi 2E jadvalda keltirilgan. Jadvalga asosan fundamental zarralar uchun g'aratilik va

maftunkorlik kvant sonlari $S=C=0$ ga teng ekanligini ko'ramiz. Ular izotopik spin $-T$ va uning uchinchi proyeksiyalari - T_3 ning ma'lum qiymatlari bilangina xarakterlanadilar. π - mezonlarning spini - J va barion zaryadi - B ham 0 ga teng (chunki mezonlar barion emas). π^0 va $\bar{\pi}^0$ - mezonlarning barcha kvant sonlari bir xil. Bunday barcha kvant sonlari bir xil bo'lgan neytral zarralar haqiqiy neytral zarralar deyiladi. Ya'ni, haqiqiy neytral zarra bilan uning antizarrasi bir - biridan mutloqo farqlanmaydi. Shu sababli, neytral π^0 - mezon va uning antizarrasi $\bar{\pi}^0$ - mezon uchun $\pi^0 = \bar{\pi}^0$ deb yozishimiz mumkin. Bu hol n - neytron uchun o'rinli emasligi jadvaldan ko'rinib turibdi, ya'ni, n - neytron haqiqiy neytral zarra emas, ya'ni, $n \neq \bar{n}$.

Jadvaldan, fundamental adronlar u - va d - kvarklar hamda ularning antikvarklaridan tuzilgani ko'rinib turibdi.

Biz qarab chiqqan g'alati, maftunkor hamda fundamental zarralar sinfi orasidagi bog'liqlikni yaqqol tasavvur qilish uchun zamonaviy fizika nuqtai - nazaridan fundamental elementar zarralar deb qaralayotgan kvarklar va leptonlarni avlodlar ko'rinishida yozish foydalidir. Shunday qilib bu uch avlod zarralari quyidagi ko'rinishga ega:

$$I. \begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} e^+ \\ \bar{\nu}_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \bar{u} \\ \bar{d} \end{pmatrix}$$

$$II. \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^+ \\ \bar{\nu}_\mu \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \bar{c} \\ \bar{s} \end{pmatrix}$$

$$III. \begin{pmatrix} \tau^- \\ \nu_\tau \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \tau^+ \\ \bar{\nu}_\tau \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \bar{t} \\ \bar{b} \end{pmatrix}$$

G'alati va maftunkor zarralar biz to'xtalib o'tayotgan fundamental zarralarning o'zaro kuchli ta'sirlashishlaridan juft - juft hosil bo'lib, kuchsiz o'zaro ta'sir natijasida yana fundamental zarraga aylanishadi. Bu fikr yuqoridagi uchta avlod zarralar nuqtai - nazaridan yanada yaqqolroq namoyon bo'ladi. Ya'ni, I avlod elementlaridan tuzilgan zarralar, ya'ni fundamental zarralarning o'zaro kuchli ta'sirlashishi natijasida II va III avlod zarralar hosil bo'ladi. Shunga o'xshash III avlod (tarkibida t, b, \bar{t}, \bar{b} kvarklar mavjud zarralar ham) zarralari ham I avlod elementlaridan tuzilgan zarralarning o'zaro kuchli ta'sirlashishidan hosil bo'ladi. Lekin II va III avlod elementlaridan tuzilgan zarralar qisqa yashash vaqtiga egaligi sababli kuchsiz o'zaro ta'sir natijasida parchalanib yana I avlod elementlaridan tuzilgan zarralarga aylanadilar. I avlod elementlaridan tuzilgan zarralar esa atrofimizdagi barcha stabil atomlar, molekullar va

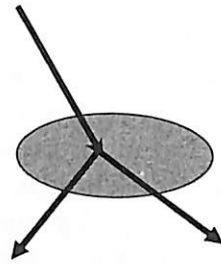
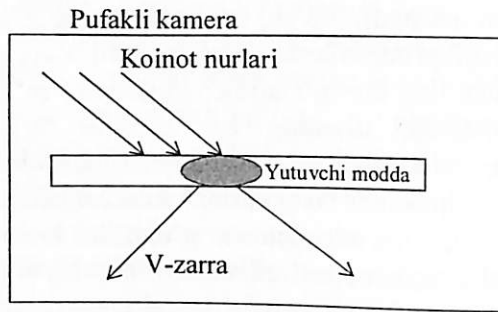
molekulalarning birikishi natijasida esa barcha moddalarni tashkil qiladilar. Bu zarralarda g'alatilik, maftunkorlik kabi xususiyatlar namoyon bo'lmaydi va ular bizni o'rab turgan moddiy Olamni tashkil qiladilar. Shu o'rinda I avlodga mansub bo'lgan e^- - elektron va ν_e - elektron neytrinosi hamda ularning antizarralari bo'lgan e^+ - pozitron va $\bar{\nu}_e$ - elektron antineytrinosiga ham to'xtalib o'tish maqsadga muvofiqdir. Ma'lumki, elementar zarralarga xos xususiyatlardan biri ularning har birining o'ziga xos yashash vaqtidir. Shundan keyin ular boshqa zarralarga parchalanib zarralarning o'zaro bir - biriga aylanish xususiyatini yuzaga keltiradi. Ular orasida faqat 12 tasigina, ya'ni, γ - foton, e^- - elektron, p - proton, uchta turdagi neytrinolar ν_e, ν_μ, ν_τ hamda ularning antizarralari absolyut stabil zarralar hisoblanib, ular boshqa zarralarga parchalanmaydilar (nazariy jihatdan p - protonning parchalanishi bashorat qilinadi va hozirgi hisoblashlarga ko'ra uning yashash vaqti 10^{33} yildan katta ekanligi jadvaldan ko'rinib turibdi). Lekin II va III avlodga tegishli bo'lgan μ^- - mezon, ν_μ - myu mezon neytrinosi, τ^- - tau lepton, ν_τ - tau lepton neytrinosi hamda ularning antizarralari mos holda koinot nurlarining atmosferadagi elementlar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida va zamonaviy zarralar tezlatkichlaridagina hosil bo'ladi. e^- - elektron va ν_e - elektron neytrinosi esa Quyosh va boshqa yulduzlardagi jarayonlarda hosil bo'ladi. Ushbu jarayonlarda hosil bo'luvchi zarralar oqimi - birlamchi koinot nurlari tarkibida ularning ulushi asosiy hisoblanadi. Shu ma'noda biz yuqorida qayd qilib o'tgan 12 ta absolyut stabil zarradan 6 tasi I avlodga tegishliligi ham bu fikrni tasdiqlaydi. Shu sababli I avlodga tegishli leptonlarni ham biz qarab chiqqan fundamental adronlar qatori fundamental leptonlar deb qarash mumkin. Shunday qilib I avlod elementlaridan tuzilgan p - proton, n - neytron, π^0, π^-, π^+ - mezonlar, e^- - elektron va ν_e - elektron neytrino hamda ularning antizarralarini fundamental zarralar deyishimiz mumkin, chunki butun borliq ushbu zarralardan tarkib topgan.

G'ALATI ZARRALAR SINFI

Ma'lumki, elementar zarralar olamida kuchli o'zaro ta'sirda qatnashuvchi zarralar, ya'ni adronlarga mansub zarralar soni ko'pligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga ma'lum bir belgisiga qarab adronlar turlicha nomdagi kichik guruhlariga ham ajratiladi. Adronlarning shunday bir

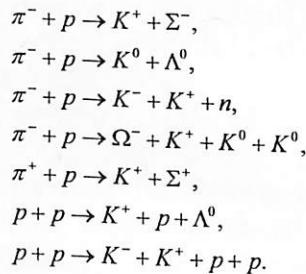
guruhini "g'alati" zarralar deb atashadi. Xo'sh, bu zarralarning g'alatiligi nimada, ularning tabiatidagi boshqa adronlardan farqlanuvchi o'ziga xoslik nimadan iborat? G'alati zarralarning bu "g'alatilik" xususiyati to'g'risida talabalarda ma'lumot bo'lmasligi, ularning bu zarralar to'g'risida yetarlicha tushunchaga ega emasliklariga va pirovard natijada ularda bu zarralar to'g'risida abstrakt, chalkash tasavvurlar shakllanishiga olib keladi. Shu bois, talabalarda g'alati zarralar va g'alatilik kvant soni to'g'risida mukammal, yaqqol tasavvur hosil qilish o'ta muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday aniq tasavvur g'alati zarralar guruhi, ularning hosil bo'lishi, parchalanishlari va ushbu parchalanishlarda g'alatilik kvant sonining o'zini qanday tutishi to'g'risidagi bilimlar yaxlitligini ta'minlashga xizmat qilishi shubhasiz.

XX asrning 40-yillarida fanga bor-yo'g'i 14 turdagi elementar zarra ma'lum edi. Bular foton, elektron (e^-), pozitron (e^+), proton (p), antiproton (\bar{p}), neytron (n), antineytron (\bar{n}), pionlar (π^-, π^0, π^+), myuonlar (μ^-, μ^+), neytrino (ν) va antineytrino ($\bar{\nu}$) (tajribada kuzatilmagan bo'lsa ham neytrino, antineytrino, antiproton va antineytronning mavjudligiga shubha yo'q edi). Lekin o'sha yillarda koinot nurlari tarkibida ushbu ma'lum zarralarga o'xshamaydigan zarralar qayd qilina boshlandi. Ularning o'ziga xosligi shundan iborat ediki, bu zarralar birlamchi koinot nurlari (ya'ni koinotdan kelayotgan zarralar oqimi)ning moddalar bilan ta'sirlashishi natijasida har doim juft holda (asosan, ikkita bo'lib) hosil bo'lishi edi. Birlamchi koinot nurlarining moddalar yoki atmosfera elementlari bilan to'qnashishidan (o'zaro ta'sirlashishidan) hosil bo'lgan bunday zarralarga ikkilamchi koinot nurlari deyiladi. Pufakli kameralar yordamida olingan minglab fotosuratlarda bunday, doimo ikkita bo'lib, juft holda hosil bo'ladigan zarralar V shaklida iz qoldirgani sababli, ular dastlab V-zarralar deb nomlandi. Jarayonda zarralar qoldirgan izlarni tahlil qilish V-zarralarning juda tez, taxminan $10^{-23} \div 10^{-24}$ sekund davomida hosil bo'lishini ko'rsatdi (tasvirda bu V shakldagi ikkita zarra deyarli nuqtada hosil bo'ladi). Hosil bo'lgan zarralar esa bir necha santimetr uzunlikda iz qoldirib yana oddiy zarralarga parchalanadi.

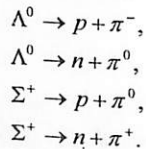


Bu holat esa hosil bo'lgan zarralarning har biri alohida $\sim 10^{-10}$ sekund davomida oddiy zarralarga sekin (sust) parchalanishini bildiradi. Demak, g'alati zarralar kuchli o'zaro ta'sir natijasida hosil bo'lib, kuchsiz o'zaro ta'sir ostida parchalanar ekan. Shunday qilib, XX asrning 50-yillari o'rtalariga kelib, g'alati zarralar turi 16 taga yetdi. Bu g'alati zarralar quyidagilar: K -mezonlar $-K^+, K^0$, lyambda-giperon- Λ^0 , sigma-giperonlar- $\Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$, ksi-giperonlar- $-\Xi^-, \Xi^0$ va ularning antizarralari, mos holda K^-, \bar{K}^0 - mezonlar, $\bar{\Lambda}^0, \bar{\Sigma}^-, \bar{\Sigma}^0, \bar{\Sigma}^+, \bar{\Xi}^-$ va $\bar{\Xi}^0$. Bu yerda giperonlar deb massasi proton massasiga nisbatan og'ir bo'lgan barionlar nomlanishini eslatib o'tamiz.

G'alati zarralar oddiy zarralarning o'zaro ta'sir jarayonlarida hosil bo'lishi aniqlandi. Masalan, bunga quyidagi jarayonlarni keltirishimiz mumkin:



O'z navbatida g'alati zarralar kuchsiz o'zaro ta'sir ostida parchalanib, yana oddiy zarralarga aylanadilar. Masalan, quyidagi jarayonlar kabi:



Lekin, bir xil g'alati zarralarning juft hosil bo'lishi bunday jarayonlarda kuzatilmadi va bu hol ta'qiqlangan deb hisoblandi. Masalan, $n+n \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0$ ga o'xshash jarayonlar sodir bo'lmaydi. Yoki bo'lmasa, \bar{K}^0 mezon modda bilan ta'sirlashishi natijasida Λ^0 -giperon hosil bo'ladi: $\bar{K}^0 + p \rightarrow \Lambda^0 + \pi^+$, lekin K^0 -mezon modda bilan ta'sirlashganda bu giperon hosil bo'lmaydi.

Shunday qilib, g'alati zarralarning "g'alatiligi" ancha vaqtgacha mavhumligicha qoldi. Bu holatni tushuntirishga qaratilgan barcha urinishlar samara bermadi. Masalan, amerikalik fizik Marri Gell-Mann va yapon fizigi Katsuxiko Nishidjimalar tomonidan izotopik spin formalizmi yordamida g'alati zarralarni tushuntirishga bo'lgan urinish natija bermadi. Ular g'alati zarralarni izotopik spiniga qarab multipletlarga, ya'ni kichik guruhlariga birlashtirishga harakat qilishdi va shu asosda ularning o'zlarini "g'alati" tutishlari sababini izlashdi. Shu o'rinda "minimal" yoki "tuzilma" modellar to'g'risida ham to'xtalib o'tish maqsadga muvofiqdir.

XX asrning 40-yillari oxirlariga kelib adronlar turlarining oshishi bilan "minimal" (tuzilma) modellar qurishga zaruriyat tug'ildi. Bunday modellar g'oyasiga ko'ra, zarralarning faqat ayrimlarigina asosiy - fundamental bo'lib, qolgan barcha zarralar ushbu asosiy zarralardan tuzilgan bo'lishi kerak edi.

Shunday minimal modellardan dastlabkisi italiyalik E.Fermi va xitoy fizigi Ch.Yang tomonidan 1949-yilda taklif qilingan edi. Bu paytga kelib, adronlardan N - nuklonlar (proton va neytron) hamda pionlar ma'lum bo'lgani uchun bular proton (p), neytron (n), antiproton (\bar{p}) va antineytron (\bar{n})ni fundamental zarralar, π^-, π^0, π^+ -mezonlarni esa nuklon - N va antinuklon - \bar{N} ning birlashgan $N-\bar{N}$ -holatlari deb qarashdi. G'alati zarralar tajribada kuzatilganidan keyin esa Fermi-Yangning minimal modelini modifikatsiya qilish zaruriyati tug'ildi. Shunday modifikatsiya qilingan modellardan diqqatga sazovori yapon fizigi S.Sakata tomonidan 1956-yili taklif qilindi. Bu modelda proton, neytron, antiproton va antineytronlar bilan birga lyambda zarra - Λ^0 hamda anti lyambda zarra - $\bar{\Lambda}^0$ asosiy zarralar, qolgan barcha adronlar ushbu zarralardan tuzilgan deb qaraldi. Bu modelga ko'ra g'alati zarralar tarkibida Λ^0 - yoki $\bar{\Lambda}^0$ - zarralar ishtirok etadi va ularning "g'alati"ligini ta'minlaydi. Lekin, minimal modellar g'alati zarralar tabiatini ochib bera olmadi. Bundan tashqari, o'tgan asrning 60-yillariga kelib adronlarga mansub zarralar turlari soni yanada oshib ketdi. Bu holat adronlarning "elementar"ligiga, ya'ni strukturaga ega bo'lmagan, bo'linmas zarralar ekanligiga shubha bilan qarashga olib keldi. Shu sababli ham adronlar elementar zarralar emas, balki yanada elementar bo'lgan mayda zarralardan tuzilgan bo'lishi kerak, degan fikrlar paydo bo'la

boshladi. Shunday qilib, 1964-yili mustaqil ravishda M.Gell-Mann va amerikalik fizik J.Sveyg tomonidan kvarklar g'oyasi ilgari surildi. J.Sveyg adronlarni tashkil qilgan bunday bo'linmas "bo'lak"larni "tuzlar" deb nomladi, lekin Gell-Mann taklif qilgan "kvarklar" nomi fanda qabul qilindi. Ular tomonidan qabul qilingan kvarklar hozirda $q_1 \equiv u$ (up - yuqori, $T_3 = +\frac{1}{2}$ bo'lganligi uchun), $q_2 \equiv d$ (down - past, $T_3 = -\frac{1}{2}$ bo'lganligi uchun) va $q_3 \equiv s$ (strange - g'alati, g'alatilik xususiyatiga egaligi, ya'ni $s \neq 0$ bo'lganligi uchun) kvarklar deb nomlandi. Dastlabki kvarklar nazariyasiga ko'ra, barcha adronlar shu uchala kvark va antikvarklardan tashkil topgan. Shu nuqtai-nazardan bu nazariya Sakata modeliga o'xshashdir. Bu kvarklarning spini - J , barion zaryadi - B , izospini - T , izospin proyeksiyasi - T_3 , giperzaryadi - Y , g'alatilik kvant soni - s , elektr zaryadi - q to'g'risidagi ma'lumotlar ilovadagi 2D jadvalda keltirilgan.

Antikvarklar uchun B , T_3 , Y , s - kvant sonlari va elektr zaryadi - q ishoralari qarama-qarshisiga o'zgaradi. Endi kvarklar nazariyasiga ko'ra, g'alati zarralarning kvark tarkibi va kvant sonlarini qaraydigan bo'lsak, umumlashtirilgan va tizimlashtirilgan holatga kelishimiz mumkin (bu holat ilovadagi 2F jadvalda ko'rsatilgan). Ma'lumot to'laligini ta'minlash maqsadida 1975-yilda tajribada kuzatilgan omega-giperon (Ω^-) va uning antizarrasiga tegishli kattaliklarni ham jadvalda keltirdik.

Jadvalni ko'radigan bo'lsak, g'alati zarralar simmetriya xususiyatiga ega va ularning tarkibida s -g'alati kvark mavjud. Bu kvark s -g'alatilik kvant soniga ega va bu kvant soni Gell-Mann-Nishidjima munosabatini qoniqtiradigan qilib tanlab olinadi, s - kvark uchun

$$Q = e \left(T_3 + \frac{B+s}{2} \right) = e \left(0 + \frac{1+s}{2} \right) \text{ ifodadan } s = 2Q - \frac{1}{3}e = 2 \left(-\frac{1}{3}e \right) - \frac{1}{3}e = -e \text{ ga ko'ra,}$$

$s = -1$. Demak, g'alati zarraga $s = -1$ - g'alatilik kvant soni to'g'ri keladi. G'alati antikvark $-s$ ning g'alatilik kvant soni esa $s = +1$ ga teng. G'alatilik kvant soni orqali zarralar tabiatidagi g'alatilikni tushuntirish mumkin bo'ladi. Unga ko'ra, bir o'lchamli ichki, yashirin "g'alati" fazo mavjud (izotop fazoga o'xshash). Bu fazoda g'alati zarralar -1 yoki $+1$ g'alatilik kvant soniga ega bo'ladilar. Ma'lumki, kuchli o'zaro ta'sir eng simmetrik o'zaro ta'sir bo'lganligi uchun bu o'zaro ta'sirda fazolar (geometrik, hamda ichki, yashirin fazolar)ning simmetrik xususiyatlari o'zgarmaydi. Bu simmetrik xususiyatlar o'zgarماسligi asosida esa saqlanish qonunlari yuzaga keladi va ular buzilmaydi. Shu sababli, yuqoridagi ifodalarda aks

boshladi. Shunday qilib, 1964-yili mustaqil ravishda M.Gell-Mann va amerikalik fizik J.Sveyg tomonidan kvarklar g'oyasi ilgari surildi. J.Sveyg adronlarni tashkil qilgan bunday bo'linmas "bo'lak"larni "tuzlar" deb nomladi, lekin Gell-Mann taklif qilgan "kvarklar" nomi fanda qabul qilindi. Ular tomonidan qabul qilingan kvarklar hozirda $q_1 \equiv u$ (up - yuqori, $T_3 = +\frac{1}{2}$ bo'lganligi uchun), $q_2 \equiv d$ (down - past, $T_3 = -\frac{1}{2}$ bo'lganligi uchun) va $q_3 \equiv s$ (strange - g'alati, g'alatilik xususiyatiga egaligi, ya'ni $s \neq 0$ bo'lganligi uchun) kvarklar deb nomlandi. Dastlabki kvarklar nazariyasiga ko'ra, barcha adronlar shu uchala kvark va antikvarklardan tashkil topgan. Shu nuqtai-nazardan bu nazariya Sakata modeliga o'xshashdir. Bu kvarklarning spini - J , barion zaryadi - B , izospini - T , izospin proyeksiyasi - T_3 , giperzaryadi - Y , g'alatilik kvant soni - s , elektr zaryadi - q to'g'risidagi ma'lumotlar ilovadagi 2D jadvalda keltirilgan.

Antikvarklar uchun B , T_3 , Y , s - kvant sonlari va elektr zaryadi - q ishoralari qarama-qarshisiga o'zgaradi. Endi kvarklar nazariyasiga ko'ra, g'alati zarralarning kvark tarkibi va kvant sonlarini qaraydigan bo'lsak, umumlashtirilgan va tizimlashtirilgan holatga kelishimiz mumkin (bu holat ilovadagi 2F jadvalda ko'rsatilgan). Ma'lumot to'laligini ta'minlash maqsadida 1975-yilda tajribada kuzatilgan omega-giperon (Ω^-) va uning antizarrasiga tegishli kattaliklarni ham jadvalda keltirdik.

Jadvalni ko'radigan bo'lsak, g'alati zarralar simmetriya xususiyatiga ega va ularning tarkibida s -g'alati kvark mavjud. Bu kvark s - "g'alatilik" kvant soniga ega va bu kvant soni Gell-Mann-Nishidjima munosabatini qoniqtiradigan qilib tanlab olinadi, s - kvark uchun

$$Q = e\left(T_3 + \frac{B+s}{2}\right) = e\left(0 + \frac{\frac{1}{3} + s}{2}\right) \text{ ifodadan } s = 2Q - \frac{1}{3}e = 2\left(-\frac{1}{3}e\right) - \frac{1}{3}e = -e \text{ ga ko'ra,}$$

$s = -1$. Demak, g'alati zarraga $s = -1$ - g'alatilik kvant soni to'g'ri keladi. G'alati antikvark $-\bar{s}$ ning g'alatilik kvant soni esa $s = +1$ ga teng. G'alatilik kvant soni orqali zarralar tabiatidagi g'alatilikni tushuntirish mumkin bo'ladi. Unga ko'ra, bir o'lchamli ichki, yashirin "g'alati" fazo mavjud (izotop fazoga o'xshash). Bu fazoda g'alati zarralar -1 yoki $+1$ g'alatilik kvant soniga ega bo'ladilar. Ma'lumki, kuchli o'zaro ta'sir eng simmetrik o'zaro ta'sir bo'lganligi uchun bu o'zaro ta'sirda fazolar (geometrik, hamda ichki, yashirin fazolar)ning simmetrik xususiyatlari o'zgarmaydi. Bu simmetrik xususiyatlar o'zgarasligi asosida esa saqlanish qonunlari yuzaga keladi va ular buzilmaydi. Shu sababli, yuqoridagi ifodalarda aks

etgan jarayonlarda hosil bo'lgan g'alati zarralar qarama-qarshi ishorali g'alatilik kvant soniga ega. Oddiy zarralarning g'alatilik kvant soni 0 ga teng va hosil bo'lgan g'alati zarralarning umumiy g'alatiligi ham 0 ga tengligi kuchli o'zaro ta'sirda g'alatilik kvant sonining saqlanishini ($\Delta s = 0$) ta'minlaydi. Shu sababli ham g'alati zarralar juft-juft bo'lib o'zaro kuchli ta'sirda hosil bo'ladilar. Ularning toq bo'lib hosil bo'lmashligi sababi g'alatilik kvant sonining saqlanmasligidandir. Aynan shu sababdan ham $n+n \rightarrow \Lambda^0 + \Lambda^0$ ga o'xshash jarayonlar g'alatilik kvant soni saqlanmaganligi sababli amalga oshmaydi, $\bar{K}^0 + p \rightarrow \Lambda^0 + \pi^+$ jarayon esa K^0 - mezon ta'sirlashganda hosil bo'lmaydi.

$$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-,$$

$$\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0,$$

$$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0,$$

$$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+.$$

ifodalardagi jarayonlarning sodir bo'lishi esa (g'alati zarralarning oddiy zarralarga parchalanishi) g'alatilik kvant sonining kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanmasligini bildiradi, ya'ni $\Delta s \neq 0$. G'alatilik kvant soni - s kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanadi, kuchsiz o'zaro ta'sir jarayonlarida esa buziladi. Shuni ta'kidlab o'tishimiz kerakki, K^0 - va \bar{K}^0 - mezonlarning yashash vaqti aniq o'lchanmaganligi sababli, jadvalda ularning mos holda qisqa yashovchi - K_s^0 va uzoq yashovchi - K_L^0 holatlari yashash vaqtlari keltirilgan.

Shunday qilib, g'alatilik ichki fazosi va uning simmetrik xususiyatlari, shu turdagi zarralar tabiatini tushuntirishda muhim rol o'ynaydi va g'alati zarralar bilan bo'ladigan jarayonlarda asosiy mezon bo'lib hizmat qiladi [6].

MAFTUNKOR ZARRALAR SINFI

Ma'lumki, elementar zarralar turlari son jihatdan ko'p bo'lib, ular to'rt xil o'zaro ta'sir ostida turli-tuman jarayonlarda ishtirok qilishadi. Klassik fizikada bo'lgani kabi zarralar olamidagi jarayonlar ham simmetriyalarga asoslangan saqlanish qonunlari bilan boshqarilishini yuqoridagi mavzularda tavsifladik. Klassik fizikadagi saqlanish qonunlari geometrik fazo va vaqtning "simmetrik xususiyatlari" asosida kelib chiqishi va ular absolyut xarakterga ega bo'lishi, ya'ni, har qanday o'zaro ta'sirda ham

saqlanishi ma'lum. Bundan farqli o'laroq, zarralar olamidagi saqlanish qonunlari absolyut xarakterdan tashqari taxminiy xarakterga ham ega bo'ladi, ya'ni, ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib, boshqalarida saqlanmasligi mumkin. Shu bilan birga bu saqlanish qonunlari ichki (yashirin) fazolarning "simmetrik xususiyatlari" dan kelib chiqadi hamda zarralarning izospin, g'alatilik, maftunkorlik kabi ko'plab ichki xususiyatlarini bayon qiluvchi kattaliklarni tushuntirib bera oladi. Shu ma'noda simmetriya tushunchasiga yangicha, fizika nuqtai-nazaridan ta'rif beriladi. Ushbu ta'rif asosida va dastlabki ichki (yashirin) fazo - izotopik fazoning "simmetrik xususiyati" natijasi sifatida izotopik spinning mavjudligi, bu kattalikning barcha zarralar hamda yadrolarga xosligi va uning turli o'zaro ta'sirlarda o'zini qanday tutishi qarab chiqilgan. G'alati zarralar va g'alatilik kvant soni ham bir o'lchamli ichki fazo - g'alatilik fazosining "simmetrik xususiyati" orqali tadqiqot ishlarimizda tadqiq qilingan edi. Zarralar tabiatini o'rganishdagi bunday o'ziga xos yondashuv bu sohaning talabalar tomonidan mukammal o'zlashtirilishiga xizmat qiladi deb o'ylaymiz.

Endi biz zarralarning yana bir katta guruhi bo'lgan maftunkor zarralar tabiatini simmetriya nuqtai-nazardan ko'rib chiqamiz.

Adronlarga fundamental (oddiy) va g'alati zarralardan boshqa maftunkor zarralar deb ataluvchi zarralar ham mansub. Bular alohida tabiatga maftunkorlik xususiyatiga ega bo'lgan zarralar guruhini tashkil qiladi va ular ishtirokidagi jarayonlarda o'ziga xos qoidalar amal qiladi. Maftunkor zarralarning mavjudligi g'alati zarralardan farqli ravishda oldindan bashorat qilingan va keyinchalik ular tajribada kuzatilgan. Tabiiyki, ularning mavjud bo'lishi zaruriyati nimaga asoslangan va "maftunkorlik" xususiyati nimani anglatadi degan savollar tug'iladi. Bu savollarga javob hamda maftunkor zarralarning tabiati va xususiyatlari haqidagi boshqa ma'lumotlar hozirgi zamon elementar zarralar fizikasi haqida talabalarda to'la va mukammalroq tasavvurlar shakllanishiga imkon yaratadi.

Ma'lumki, dastlabki elementar zarra hisoblangan elektron 1897-yili ingliz fizigi J.Tomson tomonidan katod nurlarining solishtirma zaryadi - $\frac{e}{m}$ ni o'lchash natijasida kashf qilingan bo'lib, uning mavjudligi 1911-yilda amerikalik fizik R.Milliken tomonidan (elektron zaryadini o'lchash bo'yicha) o'tkazilgan tajribada uzil-kesil tasdiqlandi. 1937-yilda esa amerikalik fiziklar K.Anderson va S.Nedermeyerlar tomonidan Vilson

kamerasi yordamida o'tkazilgan tajribada koinot nurlari tarkibida μ^- - mezon kashf qilindi.

1953-1956 yillarda amerikalik fiziklar F.Reynes va K.Kouenlar tomonidan o'tkazilgan tajribalarda antineytrino $\bar{\nu} + p \rightarrow n + e^+$ jarayon yordamida tajribada kuzatildi. Neytrino mavjudligi shveysariyalik fizik V.Pauli tomonidan 1930-yilda bashorat qilingan edi. Shu bilan birga F.Reynes va K.Kouenlar tomonidan tajribadan keyin neytrinoning turlari ham bo'lishi mumkinligi bashorat qilindi. 1962-yilda Brukxeyven (AQSh) va SERN (CERN - Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) - Yadro Tadqiqotlari Yevropa Markazi (Jeneva shahri yaqinida joylashgan) tomonidan o'tkazilgan tajribalarda

$$\nu + {}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + e^-,$$

$$\nu' + {}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + \mu^-$$

jarayonlar yordamida $\nu = \nu_e, \nu' = \nu_\mu$ ekanligi tasdiqlandi. Natijada neytrinoning ikki turi- ν_e - elektron neytrino va ν_μ - myuon neytrino mavjudligi isbotlandi. Shundan keyin leptonlar (yunoncha "leptos" - nozik, yengil) "avlod" yoki "oila"lar ko'rinishida yoziladigan bo'ldi. Bunga ko'ra, elektron - e^- va elektron neytrino - ν_e - birinchi avlod leptonlar, myuon - μ^- va myuon neytrino- ν_μ esa ikkinchi avlod leptonlar sifatida belgilanib, ular $\begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix}$ ko'rinishida yoziladigan bo'ldi. Bundan sal oldinroq, 1953-yilda amerikalik fiziklar E.Konopinskiy va G.Maxmud tomonidan alohida kvant son - lepton zaryad - L fanga kiritildi. Unga ko'ra, leptonlar - e^- - elektron, μ^- - manfiy myuon va ularning mos neytrinolari uchun $L=+1$ - lepton zaryadi mos qo'yildi, antileptonlar - e^+ - pozitron, μ^+ - musbat myuon va ularning mos antineytrinolari uchun esa lepton zaryad - $L=-1$ ga teng qilib olindi, va lepton zaryad har qanday jarayonda saqlanishi zarurligi aytili. Hozirda esa lepton zaryad $L=L_e + L_\mu + L_\tau$ kabi belgilanadi va bu holat lepton zaryadi har bir avlod leptonlar uchun alohida saqlanishini bildiradi ($L_\tau = +1$ - tau lepton zaryadi $\begin{pmatrix} \tau^- \\ \nu_\tau \end{pmatrix}$ - uchinchi lepton avlodi uchun qabul qilingan). τ^- - lepton mavjudligi nazariy yo'l bilan oldindan bashorat qilinganiga qaramasdan, tajribada 1975-yilda SERN da o'tkazilgan $e^- + e^+ \rightarrow \mu^- + \mu^+$ jarayon yordamida tasdiqlangan.

Shunday qilib, o'tgan asrning 60-yillari boshlarida ikki avlod leptonlar va 3 ta - u, d, s - kvarklar ma'lum edi. Shu sababli ham leptonlar va

kvarklar orasida qandaydir bog'liqlik - simmetriya bo'lishi kerak degan fikrga kelindi. Unga ko'ra estetik nuqtai - nazardan leptonlarga o'xshatib kvarklarni ham "avlod", "oila" ko'rinishida yozsak, $\begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix}$ va $\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$,

$\begin{pmatrix} ? \\ ? \end{pmatrix}$ deb ifodalashga to'g'ri keladi va simmetrik holat qaror topishi uchun yana bitta kvark yetishmasligi ma'lum bo'ladi. Shu sababli 1970-yilda amerikalik fizik Sh.Gleshou, grek fizigi J.Iliopoulos va italyan fizigi L.Mayani tomonidan 4 - kvark - maftunkor kvark - c fanga kiritildi. Bu kvark yangi kvant son - maftunkorlik (C) kvant soni bilan xarakterlanadigan bo'ldi. Shu paytgacha ma'lum barcha (oddiy va g'alati zarralar) kvarklar uchun maftunkorlik kvant soni - $C=0$, c kvark uchun esa $C=+1$ bo'lib, maftunkorlik kvant soni kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanib, kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanmasligi aytiladi (g'alatilik kvant soni kabi). Shu bilan birga, c - kvarkning massasi boshqa kvarklar massalariga qaraganda kattaligi hamda bu kvark qatnashgan adronlar massalari ham boshqa adronlarga qaraganda katta bo'lib, maftunkor zarralar guruhini (oddiy va galati zarralar kabi) tashkil qilishi bashorat qilindi. (c -kvarkning kvant sonlari ilovadagi 2D2 jadvalda berilgan).

4 - kvarkni ham e'tiborga olganda Gell - Mann - Nishidjima ifodasi $Q = T_3 + \frac{B+S+C}{2} = T_3 + \frac{Y}{2}$ ko'rinishiga keladi. c -kvarkning maftunkorlik kvant soni - $C=+1$ ga tengligi yuqoridagi ifodadan kelib chiqadi.

Tez orada, ya'ni 1974-yilda tarkibida maftunkor kvark mavjud bo'lgan birinchi zarra - J/ψ (3097) - mezon tajribada kuzatildi. J/ψ - mezon $c\bar{c}$ tarkibga ega bo'lib, (ya'ni yashirin maftunkorlik kvant soniga ega) Brukxeyvenda $p + Be \rightarrow e^-e^+ + X$ jarayonida kuzatilib J -zarra, SLAK (SLAC-Stanford Linear Accellatory)da esa $e^- + e^- \rightarrow$ adronlar jarayonida kuzatilib ψ - zarra deb ataldi. Keyinchalik har ikki guruh xohishi e'tiborga olinib bu yangi zarraga J/ψ -mezon nomi berildi. Tez orada esa maftunkor zarralar soni anchaga yetdi: D - mezonlar - $D^0, D^+, D_s^+, \Lambda_c^-$ -barion, Σ -giperonlar- $\Sigma_c^+, \Sigma_c^0, \Sigma_c^{++}$, Ξ -giperonlar- Ξ_c^+, Ξ_c^0 , Ω_c^- -giperon va ularning antizarralari tajribada kuzatildi. Maftunkor zarralarning xarakteristikallari umumlashtirilgan va sistemalashtirilgan ko'rinishda ilovadagi 2H jadvalda berilgan.

Jadvalda $q = u, d, s, c$ -kvarklarni, $\bar{q} = \bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}$ -antikvarklarni anglatadi. G'alati zarralarga o'xshab maftunkor zarralar ham kuchli o'zaro ta'sir ostida oddiy zarralarning o'zaro ta'sirlashishidan juft - juft hosil bo'ladi

$N + N \rightarrow D\bar{D} + X$, bu yerda, D - va \bar{D} - maftunkor zarra va antizarra, X - maftunkor bo'lmagan zarralardir. Ularning yashash vaqti g'alati zarralarning yashash vaqtiga qaraganda ham ancha qisqaligi jadvaldan ko'rinib turibdi. Maftunkor zarralar $e^- + e^+ \rightarrow J/\psi + X$ va $\nu + N \rightarrow \Lambda_c^+ + X$ kabi jarayonlarda toq holda ham hosil bo'ladi. Chunki, $e^- + e^+ \rightarrow J/\psi + X$ jarayon elektromagnit o'zaro ta'sir ostida sodir bo'lganligi uchun $\Delta C=0$, ya'ni maftunkorlik kvant soni saqlanadi. Keyingi, jarayon kuchsiz o'zaro ta'sir ostida sodir bo'lgani uchun $\Delta C \neq 0$, ya'ni maftunkorlik kvant soni saqlanmasligi sababli maftunkor zarralar toq holda ham hosil bo'laveradi.

G'alati zarralarga o'xshab maftunkor zarralarni ham tushuntirish uchun ichki yashirin 1 o'lchovli Evklid fazosi - "maftunkorlik" fazosi kiritiladi. Bu ichki fazo maftunkorlik kvant soni bilan xarakterlanadi. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda bu ichki fazo o'zining "maftunkorlik" xususiyatini "yo'qotmaydi" (o'zgartirmaydi). Kuchsiz o'zaro ta'sir ostida esa bu xususiyat buziladi. G'alati zarralardagi g'alatilik kvant soni kabi maftunkor zarralar bilan bo'ladigan har qanday jarayonda maftunkorlik kvant soni ham saqlanishi yoki saqlanmasligi bilan asosiy kriteriy bo'lib xizmat qiladi [7].

SIMMETRIYA VA SAQLANISH QONUNLARI

"Simmetriya" so'zi yunoncha "simmetros" so'zidan olingan bo'lib, o'lchovdosh ma'nosini anglatadi. Hayotda bu tushuncha to'g'risida yetarli ilmiy ma'lumotga ega bo'linmasada, simmetrik shakldagi koptok, shar, qor zarrasi kabi jism va tuzilmalarni kuzatamiz va ishlatamiz.

Fizikada simmetriya deganda biror - bir "xususiyat"ning o'zaro almashtirishlar (masalan, klassik - norelyativistik fizikadagi Galiley yoki relyativistik fizikadagi Lorents almashtirishlari) da o'zgarmay qolishi nazarda tutiladi. Natijada, o'zaro almashtirishlarda o'zgarmay qolgan bu "xususiyat" biror - bir kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarmay qolishiga, ya'ni saqlanishiga olib keladi. Vaqt bo'yicha o'zgarmay qoladigan kattalikka dinamik invariant deyiladi. Demak, fizikada simmetriya natijasida, ya'ni o'zaro almashtirishlarda biror "xususiyat" ning o'zgarmasligi natijasida saqlanish qonunlari yuzaga keladi. 1918 - yili nemis matematigi E.Neter tomonidan kashf qilingan teoremaga ko'ra, biror sistemaning simmetrik "xususiyat"i bilan saqlanish qonunlari orasida uzviy bog'lanish bor. Ya'ni, biror jarayonda uzluksiz almashtirishlar

kvarklar orasida qandaydir bog'liqlik - simmetriya bo'lishi kerak degan fikrga kelindi. Unga ko'ra estetik nuqtai - nazardan leptonlarga o'xshatib kvarklarni ham "avlod", "oilal" ko'rinishida yozsak, $\begin{pmatrix} e^- \\ \nu_e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \mu^- \\ \nu_\mu \end{pmatrix}$ va $\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} ? \\ s \end{pmatrix}$ deb ifodalashga to'g'ri keladi va simmetrik holat qaror topishi uchun yana bitta kvark yetishmasligi ma'lum bo'ladi. Shu sababli 1970-yilda amerikalik fizik Sh.Gleshou, grek fizigi J.Iliopoulos va italyan fizigi L.Mayani tomonidan 4 - kvark - maftunkor kvark - c fanga kiritildi. Bu kvark yangi kvant son - maftunkorlik (C) kvant soni bilan xarakterlanadigan bo'ldi. Shu paytgacha ma'lum barcha (oddiy va g'alati zarralar) kvarklar uchun maftunkorlik kvant soni - $C=0$, c kvark uchun esa $C=+1$ bo'lib, maftunkorlik kvant soni kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanib, kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanmasligi aytili (g'alatilik kvant soni kabi). Shu bilan birga, c - kvarkning massasi boshqa kvarklar massalariga qaraganda kattaligi hamda bu kvark qatnashgan adronlar massalari ham boshqa adronlarga qaraganda katta bo'lib, maftunkor zarralar guruhini (oddiy va galati zarralar kabi) tashkil qilishi bashorat qilindi. (c -kvarkning kvant sonlari ilovadagi 2D2 jadvalda berilgan).

4 - kvarkni ham e'tiborga olganda Gell - Mann - Nishidjima ifodasi $Q = T_3 + \frac{B+S+C}{2} = T_3 + \frac{Y}{2}$ ko'rinishiga keladi. c -kvarkning maftunkorlik kvant soni - $C=+1$ ga tengligi yuqoridagi ifodadan kelib chiqadi.

Tez orada, ya'ni 1974-yilda tarkibida maftunkor kvark mavjud bo'lgan birinchi zarra - J/ψ (3097) - mezon tajribada kuzatildi. J/ψ - mezon $c\bar{c}$ tarkibga ega bo'lib, (ya'ni yashirin maftunkorlik kvant soniga ega) Brukxeyvenda $p + Be \rightarrow e^-e^+ + X$ jarayonida kuzatilib J -zarra, SLAK (SLAC-Standford Linear Accellatory)da esa $e^- + e^- \rightarrow$ adronlar jarayonida kuzatilib ψ - zarra deb ataldi. Keyinchalik har ikki guruh xohishi e'tiborga olinib bu yangi zarraga J/ψ -mezon nomi berildi. Tez orada esa maftunkor zarralar soni anchaga yetdi: D - mezonlar - D^0, D^+, D_s^+ , Λ_c^+ -barion, Σ -giperonlar- $\Sigma_c^+, \Sigma_c^0, \Sigma_c^{++}$, Ξ -giperonlar- Ξ_c^+, Ξ_c^0 , Ω_c^0 -giperon va ularning antizarralari tajribada kuzatildi. Maftunkor zarralarning xarakteristikalari umumlashtirilgan va sistemalashtirilgan ko'rinishda ilovadagi 2H jadvalda berilgan.

Jadvalda $q = u, d, s, c$ -kvarklarni, $\bar{q} = \bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}$ -antikvarklarni anglatadi. G'alati zarralarga o'xshab maftunkor zarralar ham kuchli o'zaro ta'sir ostida oddiy zarralarning o'zaro ta'sirlashishidan juft - juft hosil bo'ladi

$N + N \rightarrow D\bar{D} + X$, bu yerda, D - va \bar{D} - maftunkor zarra va antizarra, X - maftunkor bo'lmagan zarralardir. Ularning yashash vaqti g'alati zarralarning yashash vaqtiga qaraganda ham ancha qisqaligi jadvaldan ko'rinish turibdi. Maftunkor zarralar $e^- + e^+ \rightarrow J/\psi + X$ va $\nu + N \rightarrow \Lambda_c^+ + X$ kabi jarayonlarda toq holda ham hosil bo'ladi. Chunki, $e^- + e^+ \rightarrow J/\psi + X$ jarayon elektromagnit o'zaro ta'sir ostida sodir bo'lganligi uchun $\Delta C=0$, ya'ni maftunkorlik kvant soni saqlanadi. Keyingi, jarayon kuchsiz o'zaro ta'sir ostida sodir bo'lgani uchun $\Delta C \neq 0$, ya'ni maftunkorlik kvant soni saqlanmasligi sababli maftunkor zarralar toq holda ham hosil bo'laveradi.

G'alati zarralarga o'xshab maftunkor zarralarni ham tushuntirish uchun ichki yashirin 1 o'lchovli Evklid fazosi - "maftunkorlik" fazosi kiritiladi. Bu ichki fazo maftunkorlik kvant soni bilan xarakterlanadi. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda bu ichki fazo o'zining "maftunkorlik" xususiyatini "yo'qotmaydi" (o'zgartirmaydi). Kuchsiz o'zaro ta'sir ostida esa bu xususiyat buziladi. G'alati zarralardagi g'alatilik kvant soni kabi maftunkor zarralar bilan bo'ladigan har qanday jarayonda maftunkorlik kvant soni ham saqlanishi yoki saqlanmasligi bilan asosiy kriteriy bo'lib xizmat qiladi [7].

SIMMETRIYA VA SAQLANISH QONUNLARI

"Simmetriya" so'zi yunoncha "simmetros" so'zidan olingan bo'lib, o'lchovdosh ma'nosini anglatadi. Hayotda bu tushuncha to'g'risida yetarli ilmiy ma'lumotga ega bo'linmasada, simmetrik shakldagi koptok, shar, qor zarrasi kabi jism va tuzilmalarni kuzatamiz va ishlatamiz.

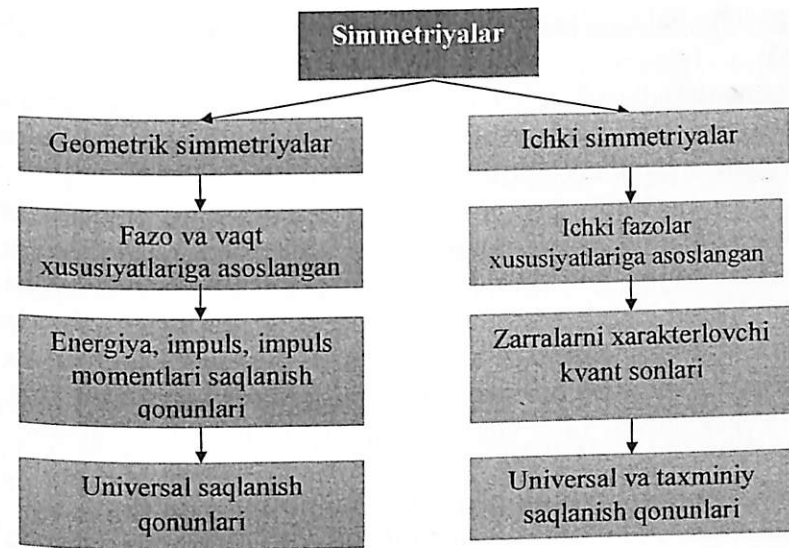
Fizikada simmetriya deganda biror - bir "xususiyat"ning o'zaro almashtirishlar (masalan, klassik - norelyativistik fizikadagi Galiley yoki relyativistik fizikadagi Lorents almashtirishlari) da o'zgarmay qolishi nazarda tutiladi. Natijada, o'zaro almashtirishlarda o'zgarmay qolgan bu "xususiyat" biror - bir kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarmay qolishiga, ya'ni saqlanishiga olib keladi. Vaqt bo'yicha o'zgarmay qoladigan kattalikka dinamik invariant deyiladi. Demak, fizikada simmetriya natijasida, ya'ni o'zaro almashtirishlarda biror "xususiyat" ning o'zgarishligi natijasida saqlanish qonunlari yuzaga keladi. 1918 - yili nemis matematigi E.Neter tomonidan kashf qilingan teoremaga ko'ra, biror sistemaning simmetrik "xususiyat"i bilan saqlanish qonunlari orasida uzviy bog'lanish bor. Ya'ni, biror jarayonda uzluksiz almashtirishlar

natijasida N ta simmetrik “xususiyat” o‘zgarmay qolsa, bu jarayonda N ta saqlanuvchi dinamik invariant kattalik mavjud bo‘ladi, ya’ni, har bir simmetrik “xususiyat”ga biror saqlanuvchi kattalik mos keladi. Agar har qanday fizik jarayon fazoning biror sohasi va ma’lum vaqtda sodir bo‘lishini inobatga olsak, biz yuqorida aytib o‘tgan “xususiyat” fazo va vaqtga tegishli bo‘lishi mumkinligi kelib chiqadi. Shunday “xususiyat”lardan birinchisi fazoning bir jinsliligidir. Fazo bir jinsli deganimizda uning barcha nuqtalarining teng huquqliligi (ekvivalentligi) nazarda tutiladi. Shu sababli tabiat qonunlari fazo almashtirishlariga nisbatan invariantdir. *Fazoning bir jinsliligi “xususiyati” impulsning saqlanish qonuniga olib keladi.*

Fazoning yana bir “xususiyat”i uning izotropligidir, ya’ni fazodagi barcha yo‘nalishlarning ekvivalentligi, ya’ni teng huquqliligidir. Buning natijasida fizik qonunlar koordinatalar sistemasining (koordinatalar sistemasi boshi O nuqtaga nisbatan) burilishlariga nisbatan invariant (o‘zgarmas) bo‘ladi. *Fazoning izotrop “xususiyati” impuls momentining saqlanish qonuniga olib keladi.*

Vaqtning o‘ziga xos “xususiyat”i - uning bir jinsliligidir, ya’ni vaqt intervallarining ekvivalentligidir. Agar biz biror jarayonni qarayotgan bo‘lsak, bu jarayon boshlang‘ich vaqtni tanlashimizga, ya’ni sanoq sistemasining vaqt bo‘yicha siljishiga bog‘liq emas. Natijada barcha fizik jarayonlar vaqt bo‘yicha sanoq boshini qanday tanlashimizdan qat’iy - nazar bir xilda sodir bo‘ladi. Yoki bo‘lmasa bizga ma’lum qonunlar har doim ishlayveradi va vaqt o‘tishi bilan noto‘g‘ri bo‘lib qolmaydi. *Vaqtning bir jinsliligi energiyaning saqlanish qonuniga olib keladi.* Demak, fazo va vaqt almashtirishlariga (siljish va burilishlarga) nisbatan tabiat qonunlarining invariantligini bildiradi va shu bilan birga har bir simmetriya – “xususiyat” biror saqlanish qonuniga olib keladi. Bunday fazo va vaqt almashtirishlariga nisbatan simmetriyaga *geometrik simmetriya* deyiladi.

Bundan tashqari, o‘zaro ta’sirlar va zarralar xossalari o‘zida mujassamlashtirgan ichki simmetriyalar ham mavjud. Ichki simmetriya deganda ichki “yashirin” fazodagi, ya’ni biz odatda bilgan fazo – vaqt bilan bog‘liq bo‘lmagan fazodagi simmetriya (masalan, izotopik fazodagi izotopik simmetriya) tushuniladi. Ayrim adabiyotlarda ichki fazo va ichki simmetriyalar yashirin fazo va yashirin simmetriyalar deb ham ataladi. Bir qarashda ichki fazolar va ular bilan bog‘liq simmetriyalar hamda bu simmetriyalarga asoslangan saqlanish qonunlari sun‘iydek ko‘rinadi. Shunga qaramay, ular chuqur ma’noga ega [8].



Demak, yuqoridagi mulohazalardan kelib chiqib “simmetriya” tushunchasini quyidagicha talqin qilish mumkin:

Har qanday fizik jarayon fazoda (geometrik va ichki) va vaqtda sodir bo‘lishi sababli fazo (geometrik va ichki) va vaqtning simmetrik “xususiyatlari” fizik jarayonlarda o‘zlarini “namoyon” qiladi. Shunday ekan fizika nuqtai – nazaridan “simmetriya” tushunchasini quyidagicha ta’riflashimiz mumkin bo‘ladi:

Simmetriya - fazo (geometrik va ichki) va vaqtning biror bir xususiyatining har qanday almashtirishlarda ustma - ust tushishi, ya’ni biror bir xususiyatning o‘zgarmasligi.

Endi zarralar olamidagi saqlanish qonunlariga to‘xtalib o‘tamiz. Chunki yuqorida qarab chiqqan kattaliklar shu saqlanish qonunlari asosida yuzaga keladi. Birinchi qarashdayoq bu kattaliklarning ayrimlari sun‘iy ravishda kiritilgan va zarralarga berilgan ayrim qiymatlari ixtiyoriy bo‘lib ko‘rinadi. Lekin qarab chiqilgan kattaliklar - kvant sonlari chuqur fizik ma’noga ega va ular barcha yoki ayrim jarayonlarda saqlanadilar.

Elementar zarralar fizikasida saqlanish qonunlari fizik tabiatiga ko‘ra uch guruhga bo‘linadi [3].

1 – guruh: fazo va vaqtning to‘rt o‘lchovli geometriyasi bilan bog‘liq bo‘lgan energiya, impuls, impuls momenti, $spin$, CP – juftlik, T – juftlikning saqlanish qonuni.

2 – guruh: elektr, barion va lepton zaryadlarining saqlanish qonunlari

3 - guruh: ba'zi o'zaro ta'sirlardagina bajariladigan saqlanish qonunlari.

Saqlanish qonunlari boshlang'ich va oxirgi holatlarni xarakterlovchi kattaliklar orasidagi tenglikni ifodalaydi. Neter teoremasiga ko'ra saqlanish qonunlari invariantlik prinsiplari bilan bog'liqdir.

Klassik fizikada saqlanish qonunlari fazo-vaqtning aniq simmetriya xususiyatlaridan kelib chiqadi. Harakatni ifodalovchi dinamik tenglamalar ma'lum ko'rinishga ega bo'ladi va shu tenglamalardan saqlanish qonunlari bevosita kelib chiqadi. Saqlanish qonunlari vaqt va fazodagi uzluksiz siljishlarga va fazodagi uzluksiz burilishlarga nisbatan simmetriya mavjudligidan kelib chiqadi. Shu bilan birga bu saqlanish qonunlari soni klassik fizikada cheklangan, ya'ni energiya, impuls va impuls momentlari saqlanish qonunlari mavjud.

Kvant fizikasiga kelsak quyidagi farqni ko'rishimiz mumkin:

- kvant fizikasida saqlanish qonunlari klassik fizikaga qaraganda ko'proqdir. Chunki kvant fizikasida fazo-vaqtning uzluksiz almashtirishlari bilan birga, ularning diskret almashtirishlarga nisbatan simmetriya xususiyatlari hamda klassik fizikaga xos bo'lmagan ichki fazodagi simmetriyalar ham kuchga kiradi (masalan, kuchli ta'sirning elektr zaryadiga bog'liq bo'lmashligi izospin simmetriyani yuzaga keltiradi).

- klassik fizikaga o'xshamagan holat yuzaga keladi, ya'ni saqlanish qonunlari ma'lum o'zaro ta'sir turida saqlanib boshqalarida saqlanmaydi, ya'ni taxminiy xarakterga ega bo'ladi. Masalan, izospin saqlanish qonuni kuchli o'zaro ta'sirda saqlanadi, elektromagnit o'zaro ta'sirda esa buziladi. O'zaro ta'sir qanchalik intensiv sodir bo'lsa, unga shuncha ko'p saqlanish qonuni mos keladi. Yana bir holat mavjudki, kvant fizikasida ko'pincha tenglamalar noma'lum ko'rinishga ega, shu sababli ham saqlanish qonunlari muhim ahamiyat kasb etadi va faqat saqlanish qonunlariga zarralar xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlarni o'zida mujassamlashtirgan bo'ladi.

Quyida ushbu saqlanish qonunlarini qarab chiqamiz.

Universal saqlanish qonunlari: Bu saqlanish qonunlari barcha o'zaro ta'sirlarda ham o'rinli bo'lib, ularga 4 - impuls $P(E_0, \vec{p})$ saqlanish qonuni, \vec{J} - impuls momenti saqlanish qonuni, q -elektr zaryadi saqlanish qonuni, L - lepton va B - barion zaryadlari saqlanish qonunlari kiradi.

4-impuls saqlanish qonuni: 4 - o'lchamli Minkovskiy fazosining bir jinsliliigi bilan bog'liq. Ya'ni oddiy 3 - o'lchovli fazo barcha nuqtalari hamda barcha vaqt momentlarining tenglik xususiyati bilan bog'liq.

Boshqacha aytganda, bu qonun dinamik tenglamalarning sanoq sistemasini fazoda va vaqt bo'yicha siljitganda kovariantligi (o'z ko'rinishini o'zgartirmasligi) dan kelib chiqadi, $P^2 = m^2$ tenglikdan, bu saqlanish qonuni zarra xarakteristikasi bo'lgan massani aniqlashga olib keladi.

\vec{J} -impuls momenti saqlanish qonuni: fazo izotropiyasi, ya'ni fazoning barcha yo'nalishlari teng kuchlilikidan kelib chiqadi. Ya'ni, sanoq sistemasining fazodagi burilishlarga nisbatan kovariantligi natijasida yuzaga keladi. Spin to'la impuls momenti komponentasi bunga misol bo'ladi.

Atom fizikasidan ma'lumki $\vec{J} = \vec{l} + \vec{s}$, lekin zarralar fizikasida $S = J$, ya'ni spin J harfi bilan belgilanadi. Impuls momenti saqlanish qonuni quyidagi qoidaga olib keladi: boshlang'ich va oxirgi holatlardagi spinlar yig'indisi teng bo'lishi kerak. Shu sababli, $n \rightarrow p + e^-$ parchalanish sodir bo'lmaydi va neytrino kashf qilingan. Chunki, neytron spini $\frac{1}{2}$ ga teng, $p + e^-$ larning spini esa 1 ga teng.

q - elektr zaryadi saqlanish qonuni: bu saqlanish qonuni geometrik tabiatga ega emas va dinamik tenglamalarning kalibrovkali almashtirishlarga nisbatan kovariantligi natijasida yuzaga keladi, ya'ni

$$\psi_a(x) \rightarrow \psi'_a(x) = e^{iq_a a} \psi_a(x),$$

$$\psi_a^*(x) \rightarrow \psi'^*_a(x) = e^{-iq_a a} \psi_a^*(x)$$

bu yerda, $\psi_a(x) - a$ zarra to'lqin funksiyasi, $x = (\vec{r}, t)$, a - haqiqiy parametr, q_a - butun son bo'lib, a - zarra zaryadini anglatadi. Kalibrovkali almashtirish koordinataga aloqasi bo'lmashdan, faqat to'lqin funksiyani o'zgartiradi. Bu kalibrovkali almashtirish ichki simmetriya almashtirishlariga misol bo'la oladi. Elektr zaryadi saqlanish qonuni juda aniq bajariladi. Parchalanish sharti $m_n \geq \sum_a m_a$ elektronning absolyut stabiligini bildiradi, chunki undan yengil va zaryadga ega bo'lgan zarracha yo'q.

L - lepton zaryadi saqlanish qonuni: elektr zaryadi saqlanish qonuniga o'xshashdir. $L = L_e + L_\mu + L_\tau$, ya'ni lepton zaryadi elektron, myuon va taon lepton zaryadlari yig'indisidan iborat bo'lib, har bir oila (avlod) lepton zaryadlari alohida saqlanishi kerak. Lepton zaryadi saqlanish qonuni juda aniq bajarilmasligi ham mumkinligi bashorat qilinmoqda. Lekin bu bashorat tajribalarda hozirgacha o'z tasdig'ini topgani yo'q. Va shu sababli neytrino massasining 0 ga teng emasligi $m_\nu \neq 0$ bilan birgalikda neytrino ossilyatsiyasiga ham olib kelishi mumkin. *Neytrino ossilyatsiyasi*

Boshqacha aytganda, bu qonun dinamik tenglamalarning sanoq sistemasini fazoda va vaqt bo'yicha siljitganda kovariantligi (o'z ko'rinishini o'zgartirmasligi) dan kelib chiqadi, $P^2 = m^2$ tenglikdan, bu saqlanish qonuni zarra xarakteristikasi bo'lgan massani aniqlashga olib keladi.

\vec{J} -impuls momenti saqlanish qonuni: fazo izotropiyasi, ya'ni fazoning barcha yo'nalishlari teng kuchliligidan kelib chiqadi. Ya'ni, sanoq sistemasining fazodagi burilishlarga nisbatan kovariantligi natijasida yuzaga keladi. Spin to'la impuls momenti komponentasi bunga misol bo'ladi.

Atom fizikasidan ma'lumki $\vec{J} = \vec{l} + \vec{s}$, lekin zarralar fizikasida $S = J$, ya'ni spin J harfi bilan belgilanadi. Impuls momenti saqlanish qonuni quyidagi qoidaga olib keladi: boshlang'ich va oxirgi holatlardagi spinlar yig'indisi teng bo'lishi kerak. Shu sababli, $n \rightarrow p + e^-$ parchalanish sodir bo'lmaydi va neytrino kashf qilingan. Chunki, neytron spini $\frac{1}{2}$ ga teng, $p + e^-$ larning spini esa 1 ga teng.

q - elektr zaryadi saqlanish qonuni: bu saqlanish qonuni geometrik tabiatga ega emas va dinamik tenglamalarning kalibrovkali almashtirishlarga nisbatan kovariantligi natijasida yuzaga keladi, ya'ni

$$\psi_a(x) \rightarrow \psi'_a(x) = e^{iq_a a} \psi_a(x),$$

$$\psi_a^*(x) \rightarrow \psi'^*_a(x) = e^{-iq_a a} \psi_a^*(x)$$

bu yerda, $\psi_a(x) - a$ zarra to'lqin funksiyasi, $x = (\vec{r}, t)$, a - haqiqiy parametr, q_a - butun son bo'lib, a - zarra zaryadini anglatadi. Kalibrovkali almashtirish koordinataga aloqasi bo'lmasdan, faqat to'lqin funksiyani o'zgartiradi. Bu kalibrovkali almashtirish ichki simmetriya almashtirishlariga misol bo'la oladi. Elektr zaryadi saqlanish qonuni juda aniq bajariladi. Parchalanish sharti $m_a \geq \sum_a m_a$ elektronning absolyut stabilligini bildiradi, chunki undan yengil va zaryadga ega bo'lgan zarracha yo'q.

L - lepton zaryadi saqlanish qonuni: elektr zaryadi saqlanish qonuniga o'xshashdir. $L = L_e + L_\mu + L_\tau$, ya'ni lepton zaryadi elektron, myuon va taon lepton zaryadlari yig'indisidan iborat bo'lib, har bir oila (avlod) lepton zaryadlari alohida saqlanishi kerak. Lepton zaryadi saqlanish qonuni juda aniq bajarilmasligi ham mumkinligi bashorat qilinmoqda. Lekin bu bashorat tajribalarda hozirgacha o'z tasdig'ini topgani yo'q. Va shu sababli neytrino massasining 0 ga teng emasligi $m_\nu \neq 0$ bilan birgalikda neytrino ossilyatsiyasiga ham olib kelishi mumkin. *Neytrino ossilyatsiyasi*

hodisasi bir turdagi neytrinning boshqa turdagi neytrinoga aylanishi bo'lib, shu paytga qadar tajribalarda kuzatilmagan.

B - barion zaryadining saqlanish qonuni: ham kalibrovkali invariantlik bilan bog'liqdir. Bu qonunning natijasi sifatida protonning absolyut stabiligi kelib chiqadi. Lekin zamonaviy nazariy modellar bu saqlanish qonuni ham aniq bajarilmasligiga ishora qilmoqda va shu sababli protonning yashash vaqti hozirgi paytda $\tau_p > 10^{34}$ yil ekanligini tajribalar ko'rsatmoqda.

Yuqorida ko'rib o'tilgan saqlanish qonunlari barcha o'zaro ta'sirlarda bajariladi. Endi ayrim o'zaro ta'sirlarda bajariladigan saqlanish qonunlariga to'xtalamiz.

Kuchli o'zaro ta'sir eng simmetrik o'zaro ta'sirdir. Bu o'zaro ta'sirda s - g'alatilik, C - maftunkorlik kvant sonlari va T - izospin saqlanish qonunlari o'rinlidir.

s - g'alatilik kvant soni saqlanish qonuni: bu qonun g'alati zarralarning kashf qilinishi bilan bog'liq. Bu zarralar kuchli o'zaro ta'sirda hosil bo'lib, kuchsiz o'zaro ta'sir ostida parchalanadilar. Ikki ta'oddiy ($s=0$) zarra to'qnashganda bitta ($s \neq 0$) g'alati zarra hosil bo'lsa, unga qarama - qarshi ishbrali g'alati kvant sonli zarra ham hosil bo'lishi kerak. Masalan, $\pi^+ + p \rightarrow K^+ + \Sigma^+$ jarayon sodir bo'ladi, ya'ni bu jarayonda g'alatilik kvant sonlari $0+0=+1-1$ bo'ladi. Lekin $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+$ jarayon sodir bo'lmaydi. Chunki, bu jarayonda g'alatilik kvant sonlari teng bo'lmasligi, ya'ni $0+0 \neq -1+0$ sababli, barcha boshqa saqlanish qonunlari bajarilishiga qaramasdan bu jarayon kuzatilmaydi. Bu holat maftunkor zarralar uchun ham shu tarzda bajariladi.

T - izospin saqlanish qonuni: izospin simmetriya, ya'ni, kuchli o'zaro ta'sirning izospin almashtirishlariga nisbatan invariantligi bilan bog'liqdir. Bu saqlanish qonuni yadro kuchlarining elektr zaryadiga bog'liqlaslik xususiyatini belgilaydi. Kuchli o'zaro ta'sirda $\Delta T=0$ izospin saqlanish qonuni izospin proyeksiyasi saqlanish qonuni $\Delta T_z=0$ ga olib keladi.

Elektromagnit o'zaro ta'sirda T - izospin saqlanmaydi. Boshqa barcha saqlanish qonunlari, shu bilan birga $\Delta T_z=0$ - izospin proyeksiyasi saqlanishi bajariladi. Chunki T_z saqlanish qonuni zaryad saqlanish qonunini ta'minlaydi. Masalan, $\Sigma \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$, $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ jarayonlarda $\Delta T=1$ ga teng, ya'ni $\Delta T=0$ qonun buziladi.

Kuchsiz o'zaro ta'sirda barcha universal saqlanish qonunlari bajariladi. s - g'alatilik kvant soni saqlanmaydi, aks holda eng yengil zarralar K - mezonlar stabil zarralar bo'lardi. Bunda $\Delta S=0$ yoki $\Delta S=\pm 1$ bo'ladi.

Birinchi holga neytronning β - parchalanishi misol bo'ladi. Shu sababli ham Ξ - giperon birdaniga oddiy zarralarga parchalanmaydi, chunki bu holda $s=-2$ bo'lib, faqat kaskad ko'rinishda oddiy zarralarga o'tishi mumkin. C - maftunkorlik kvant soni uchun ham shu qoidalar o'rinlidir va kuchsiz o'zaro ta'sirda s - g'alatilik kvant soni kabi C - maftunkorlik kvant soni ham saqlanmaydi. T - izospin va uning T_z - proyeksiyasi ham saqlanmaydi. Masalan, $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$, $\Lambda^0 \rightarrow n + \pi^0$, $\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0$ jarayonlar misolida buni ko'rish mumkin.

O'zaro kuchsiz ta'sirda fazoviy va zaryad juftliklari ham saqlanmaydi. Bu xususiyatlarga alohida to'xtalib o'tamiz. Biz qarab chiqqan saqlanish qonunlarini ixcham ko'rinishda quyidagicha ifodalash mumkin.

1. Barcha jarayonlarda energiya, impuls va impuls momenti saqlanishi, hamda $\Delta q=0, \Delta L=0, \Delta B=0$ bo'lishi kerak.

2. Kuchli o'zaro ta'sir jarayonlarida $\Delta T=0, \Delta S=0, \Delta C=0$ bo'ladi, lekin qatnashuvchi barcha zarralar adronlar bo'lishi kerak.

3. Elektromagnit jarayonlarda adronlar, zaryadlangan leptonlar, fotonlar qatnashgan holda $\Delta T \neq 0, \Delta T_z=0, \Delta S=0, \Delta C=0$ bo'ladi.

4. Kuchsiz o'zaro ta'sirlarda 2 va 3 punktdagi qoidalar bajarilmaydi. Agar bu qoidalar bajarilgan bo'lib, jarayonda neytrino qatnashsa ham kuchsiz jarayon hisoblanadi. Shu o'rinda saqlanish qonunlariga bog'liq bo'lmagan umumiy qoidani ham aytib o'tish o'rinli: agar ma'lum jarayonda oxirgi zarralar soni qancha kam va ular umumiy massasi qancha kichik bo'lsa, bu jarayonning sodir bo'lish ehtimolligi shuncha katta bo'ladi.

ZARRALAR FIZIKASIDA O'LCHOV TUSHUNCHALARI VA BIRLIKLAR

Atom energiyasining bo'ysundirilishi, insoniyatning kosmosga chiqishi va koinotning o'zlashtirilayotgani, umuman fan - texnikaning mislsiz rivoji, asosan, zarralar fizikasi zimmäsiga to'g'ri kelganligi shubhasiz. Shu sababli ham zarralar fizikasi - mikrofizikada o'rganiladigan jarayonlar fundamental tadqiqotlar sirasiga kiritiladi va bunday jarayonlar 10^{-10} m dan 10^{-17} m gacha bo'lgan masshtabda sodir bo'ladi.

Mikrofizikaning o'ziga xosligi, ya'ni u o'rganadigan hodisalarning makrodunyodagi hodisalardan (ya'ni Nyuton mexanikasi o'rganadigan hodisalardan) farq qilishi va shu sababli ham Nyuton mexanikasi qonunlariga

bo'ysunmasligi, bu sohada o'zgacha qonunlar mavjudligini bildiradi. Shu sababli, o'quvchi va talabalarning mikrodunyodagi hodisalarni o'rganishlari, ular amal qiladigan qonuniyatlarni tushunishlari uchun zarralar fizikasida ishlatiladigan o'lchov tushunchalari va birliklariga to'xtalib o'tish muhimdir.

Uzunlik o'lchov birliklari

1. Angstrom (Å). Bu birlik shved fizigi Andres Angstrom (1814–1874 y.) sharafiga nomlangan. $1\text{Å} = 1 \cdot 10^{-10}\text{m} = 1 \cdot 10^{-8}\text{sm}$. Bu birlikning qabul qilinishiga atomlar radiuslari $\sim 10^{-10}\text{m}$ o'lchamga egaligi sabab bo'lgan va shu o'lchamga mos holda qabul qilingan.

2. Fermi (fm). Bu birlik italiyalik fizik Enriko Fermi (1901–1954 y.) sharafiga nomlangan. $1\text{fm} = 1 \cdot 10^{-15}\text{m} = 1 \cdot 10^{-13}\text{sm}$ ga teng bo'lib, bu kattalik atom yadrolarining radiuslari $\sim 10^{-15}\text{m}$ o'lchamga egaligi sababli shu o'lchamga mos holda qabul qilingan. Bu kattalik ayrim adabiyotlarda femtometr (fm) deb ham ataladi.

Energiya o'lchov birligi

1. Elektronvolt (1 eV). Elektr zaryadiga ega bo'lgan zarra - elektron ma'lum potentsiallar farqiga ega bo'lgan maydonda tezlashadi. Bu holda uning kinetik energiyasi $E = \frac{m_0 v^2}{2} = eU$ formula orqali ifodalanadi. Bu ifodaga asosan elektronning potentsiallar farqi $U = 1V$ ga teng bo'lgan katod va anod oralig'idan o'tishida olgan energiyasi 1 elektronvolt (eV) deyilib, u $E = eU = 1,6 \cdot 10^{-19}J$ ga teng bo'ladi. Elektronvoltga karrali birliklar:

$$1keV = 10^3 eV = 1,6 \cdot 10^{-16} J,$$

$$1MeV = 10^6 eV = 1,6 \cdot 10^{-13} J,$$

$$1GeV = 10^9 eV = 1,6 \cdot 10^{-10} J,$$

$$1TeV = 10^{12} eV = 1,6 \cdot 10^{-7} J.$$

Massa o'lchov birligi

Elementar zarralar massasining juda kichikligini e'tiborga olgan holda massaning atom birligi (m.a.b) tushunchasi kiritilgan. Massaning atom birligi (m.a.b) sifatida uglerod - ^{12}C atomi massasining $\frac{1}{12}$ qismi qabul qilingan bo'lib, uning qiymati $1_{m.a.b} = \frac{M(^{12}C)}{12} = 1,660565 \cdot 10^{-27} kg \approx 931 MeV$ ga teng.

Shu o'rinda massaning atom birligi dastlabki paytda $\frac{M(^{16}O)}{16}$ ga nisbatan qabul qilinganligini eslatib o'tamiz.

Proton va neytron massalari massaning atom birligi (m.a.b) da quyidagi qiymatlarga ega:

$$m_p = 1,672648 \cdot 10^{-27} kg = 1,00728 mab,$$

$$m_n = 1,6749485 \cdot 10^{-27} kg = 1,00867 mab.$$

Kesim tushunchasi

Kesim tushunchasi σ (sigma) harfi bilan belgilanadi. Jarayon kesimi sm^2 , ya'ni yuza birliklarida o'lchanadi. Lekin bu yerda yuza birliklari shartli bo'lib, geometrik yuzani anglatmaydi va ikkita zarraning o'zaro ta'sirlashish ehtimolligini bildiradi.

Jarayon kesimining α -zarra (4He - geliy atomi yadrosi)larning yupqa oltin sirtidan sochilishini o'rganish maqsadida 1911 yili ingliz fizigi Ernest Rezerford (1871–1937 y.) o'tkazgan tajriba orqali yaxshiroq tushuntirish mumkin. Tajriba yo'li bilan taxminan 20000 ta α -zarradan bittasi katta burchakka (orqaga) sochilishi aniqlangan. Bu dalilga asoslanib, Rezerford atomning yangi modelini (atomning yadro modeli ham deyiladi) ilgari surdi. Unga ko'ra, atom markazida radiusi $\sim 10^{-15}\text{m}$ bo'lgan yadro mavjud. Yadro massasi taxminan atom massasiga teng bo'lib, yadro atrofida elektronlar aylanma harakatda bo'ladi. Faraz qilaylik, atom radiusi $r_a = 10^{-10}\text{m}$ bo'lgan shar bo'lsin. Uning yadrosini $r_z = x\text{m}$ o'lchamli kichikroq shar desak, α -zarrachaning yadroga to'g'ri kelishi (ta'sirlashishi) ehtimolligini geometrik ehtimollik kabi aniqlashimiz mumkin. Agar biz $S = 1sm^2$ yuzadan sochilishni kuzatayotgan bo'lsak (S ni sirtga tushayotgan α -zarralar dastasining ko'ndalang kesim yuzasi deb ham tushunishimiz mumkin va faraz qilamiz α -zarralar ko'ndalang kesim bo'ylab tekis taqsimlangan), α -zarralar nishonning $1sm^3$ hajmda joylashgan atom yadrolaridan sochiladi (ta'sirlashadi) deb faraz qilsak, bu ta'sirlashish ehtimolligini $\frac{N\pi r_z^2}{1cm^2} = \frac{1}{20000}$

deyishimiz mumkin. Bu erda $N = \left(\frac{1}{10^{-8}}\right)^3 = 10^{24} - 1cm^3$ dagi sochuvchi markazlar (atomlar yadrolari) soni.

Bu munosabatdan foydalanib Rezerford $r_z \sim 10^{-15}\text{m}$ ekanligini aniqlagan. Bu tajriba uchun jarayon kesimi, ya'ni α -zarraning yadro bilan o'zaro ta'sirlashish ehtimolligini $\sigma \sim \pi r_z^2 \sim 10^{-26}sm^2$ deyishimiz mumkin bo'ladi. Jarayon kesimi o'lchov birligi sifatida barn qabul qilingan bo'lib u quyidagi $1barn = 10^{-22}mm^2 = 10^{-24}sm^2 = 10^{-28}m^2 = 100fm^2$ qiymatga teng. Odatda adabiyotlarda real jarayonlarning kesimi sifatida barnning millibarn (mb), mikrobarn (mkb), nanobarn (nb), pikobarn (pb), femtobarn (fb) va attobarn (ab) kabi qiymatlari ishlatiladi:

$$m_p = 1,672648 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00728 \text{ mab},$$

$$m_n = 1,6749485 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00867 \text{ mab}.$$

Kesim tushunchasi

Kesim tushunchasi σ (sigma) harfi bilan belgilanadi. Jarayon kesimi sm^2 , ya'ni yuza birliklarida o'lchanadi. Lekin bu yerda yuza birliklari shartli bo'lib, geometrik yuzani anglatmaydi va ikkita zarraning o'zaro ta'sirlashish ehtimolligini bildiradi.

Jarayon kesimining α -zarra (${}^4\text{He}$ - geliy atomi yadrosi)larning yupqa oltin sirtidan sochilishini o'rganish maqsadida 1911 yili ingliz fizigi Ernest Rezerford (1871–1937 y.) o'tkazgan tajriba orqali yaxshiroq tushuntirish mumkin. Tajriba yo'li bilan taxminan 20000 ta α -zarradan bittasi katta burchakka (orqaga) sochilishi aniqlangan. Bu dalilga asoslanib, Rezerford atomning yangi modelini (atomning yadro modeli ham deyiladi) ilgari surdi. Unga ko'ra, atom markazida radiusi $\sim 10^{-15}$ m bo'lgan yadrosi mavjud. Yadro massasi taxminan atom massasiga teng bo'lib, yadro atrofiga elektronlar aylanma harakatda bo'ladilar. Faraz qilaylik, atom radiusi $r_a = 10^{-10}$ m bo'lgan shar bo'lsin. Uning yadrosini $r_z = x$ m o'lchamli kichikroq shar desak, α -zarrachaning yadroga to'g'ri kelishi (ta'sirlashishi) ehtimolligini geometrik ehtimollik kabi aniqlashimiz mumkin. Agar biz $S = 1\text{sm}^2$ yuzadan sochilishni kuzatayotgan bo'lsak (S ni sirtga tushayotgan α -zarralar dastasining ko'ndalang kesim yuzasi deb ham tushunishimiz mumkin va faraz qilamiz α -zarralar ko'ndalang kesim bo'ylab tekis taqsimlangan), α -zarralar nishonning 1sm^3 hajmda joylashgan atom yadrolaridan sochiladi (ta'sirlashadi) deb faraz qilsak, bu ta'sirlashish ehtimolligini $\frac{N\pi r_z^2}{1\text{cm}^2} = \frac{1}{20000}$

deyishimiz mumkin. Bu erda $N = \left(\frac{1}{10^{-8}}\right)^3 = 10^{24} - 1\text{cm}^3$ dagi sochuvchi markazlar (atomlar yadrolari) soni.

Bu munosabatdan foydalanib Rezerford $r_z \sim 10^{-15}$ m ekanligini aniqlagan. Bu tajriba uchun jarayon kesimi, ya'ni α -zarraning yadro bilan o'zaro ta'sirlashish ehtimolligini $\sigma \sim \pi r_z^2 \sim 10^{-26} \text{sm}^2$ deyishimiz mumkin bo'ladi. Jarayon kesimi o'lchov birligi sifatida barn qabul qilingan bo'lib u quyidagi $1\text{barn} = 10^{-22} \text{mm}^2 = 10^{-24} \text{sm}^2 = 10^{-28} \text{m}^2 = 100 \text{fm}^2$ qiymatga teng. Odatda adabiyotlarda real jarayonlarning kesimi sifatida barnning millibarn (mb), mikrobarn (mkb), nanobarn (nb), pikobarn (pb), femtobarn (fb) va attobarn (ab) kabi qiymatlari ishlatiladi:

$$1mb = 10^{-3} b = 10^{-27} sm^2, \quad 1pb = 10^{-12} b = 10^{-36} sm^2,$$

$$1mkb = 10^{-6} b = 10^{-30} sm^2, \quad 1fb = 10^{-15} b = 10^{-39} sm^2,$$

$$1nb = 10^{-9} b = 10^{-33} sm^2, \quad 1ab = 10^{-18} b = 10^{-42} sm^2.$$

O' n ikkita zarra - proton, elektron, foton, elektron-, myu- va tau-neytrinolar hamda ularning antizarralari absolyut stabil zarralar hisoblanadi. Ular umuman parchalanmaydilar. Qolgan zarralarning barchasi o'zining yashash vaqti - τ ga ega. Shu vaqt mobaynida nostabil zarra o'zidan yengil zarraga parchalanadi. Zarraning parchalanishini xarakterlash uchun parchalanish kengligi - Γ tushunchasi kiritilgan bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi: $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau}$,

bu yerda $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ - Plank doimiysi, τ - yashash vaqti sekundlarda o'lchangani uchun zarraning parchalanish kengligi joullarda ifodalanadi. $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau}$ ifodaga ko'ra, zarraning yashash vaqti qanchalik kichik bo'lsa, uning parchalanish kengligi shuncha katta bo'ladi.

Biz tanishgan angstrom (Å), fermi (fm), elektronvolt (eV), massaning atom birligi (mab) va barn (b) SI sistemasidan tashqari birliklar hisoblanadi va shu sababli biz bu kattaliklarning SI sistemasidagi birliklar bilan munosabatini ham keltirdik.

Endi zarralar fizikasida, asosan, yuqori energiyalar fizikasida ishlatiladigan energiya, impuls, massa, uzunlik, vaqt va hokazo kabi fizik kattaliklar o'lchov birliklari orasidagi munosabatga to'xtalib o'tamiz. Bu sohada birliklarning tabiiy sistemasi ishlatiladi va bu sistemada $\hbar = c = 1$ deb qabul qilingan. Bu yerda $c = 300000 \frac{km}{s}$ - yorug'likning vakumdagi tezligi.

Ma'lumki, energiyaning relyativistik (ya'ni $\beta \sim c$ bo'lgan jarayonlarda) ifodasi $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{\beta^2}{c^2}}}$ ko'rinishga ega. Bu ifodadan zarraning tezligi $\beta = 0$

bo'lgan holda, $E_0 = mc^2$ ga teng bo'ladi. Bu yerda $t = t_0$, ya'ni zarraning massasi uning tinchlikdagi massasiga teng bo'ladi desak, zarraning tinchlikdagi energiyasi $E_0 = m_0 c^2$ ga teng bo'ladi.

Endi relyativistik fizikada energiya va impuls orasidagi $E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$ munosabatdan $m = 0$ desak, $E = pc$ ifodaga kelamiz. Bu ifodadan $p = \frac{E}{c} = \frac{mc^2}{c} = mc$ ni hosil qilamiz. Bu ifoda tinchlikdagi massasi $m_0 = 0$ ga teng bo'lgan foton va neytrino uchun o'rinni bo'lib, bu yerda m ularning gravitatsion massasini bildiradi. Shunga o'xshash, Lui de Broyl g'oyasiga

ko'ra unga mos keladigan Kompton to'lqin uzunlik $\lambda = \frac{\hbar}{mc}$ va unga nisbatan yozilgan Geyzenberg noaniqlik munosabati $\Delta E \Delta t \sim \hbar$ bo'lsa, u holda bu kattaliklar o'lchami birliklarining tabiiy sistemasi $\hbar = c = 1$ ga ko'ra quyidagi munosabatda bo'ladi: $|E| = |p| = |m| = |t| = |t^{-1}|$.

Ya'ni energiya, impuls va massa bir xil o'lchov birlik - energiya birliklarida, uzunlik va vaqt ham bir xil o'lchov birlikda - teskari energiya birliklarida o'lchanishi mumkin.

Masalan, proton massasi $m_p = 1,6749485 \cdot 10^{-27} kg$. Uning massasini $E_0 = m_p c^2$ ga ko'ra energetik birliklarda ifodalash mumkin.

$m_p c^2 \approx 1,68 \cdot 10^{-27} kg \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2} = 15,03 \cdot 10^{-11} J$, bu yerda, $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$ ekanligini e'tiborga olsak, $m_p c^2 \approx 9,38 \cdot 10^8 eV \equiv 0,938 GeV$ bo'ladi. Bu ifodadan protonning energetik birliklarda ifodalangan massasi $m_p \approx 0,938 \frac{GeV}{c^2}$ ga teng bo'ladi. Odatda c^2 ni tushirib qoldirishadi va $m_p = 0,938 GeV$ ga teng deyiladi. Shunga o'xshash ixtiyoriy zarraning massasini energetik birliklarda ifodalash mumkin.

Energiya va impuls orasidagi $E = pc$ munosabatdan impulsni $\frac{MeV}{c}$, yoki c ni tushirib qoldirib, MeV birliklarda ifodalash mumkin.

Eidi turli o'lchov birliklari orasidagi munosabatni topamiz (proton misolida). $\lambda = \frac{\hbar}{m_p c} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} J \cdot s}{1,67 \cdot 10^{-27} kg \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 0,2 \cdot 10^{-13} \frac{kg \cdot m^2 / s}{\frac{kg \cdot m}{s}} = 2 \cdot 10^{-16} m$.

Ikkinchi tomondan

$$\lambda = \frac{\hbar}{m_p c} = \frac{\hbar c}{m_p c^2} = \frac{\hbar c}{E_p} = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,938 GeV}, \text{ ya'ni, } 2 \cdot 10^{-16} m = \frac{1}{0,938 GeV} \text{ bo'ladi.}$$

Bu munosabatdan esa $1m = \frac{10^{16}}{0,938 \cdot 2} GeV^{-1} = 5,07 \cdot 10^{15} GeV^{-1}$ ga tengligi kelib chiqadi.

Bundan foydalanib fm, barn va GeV lar orasidagi quyidagi bog'lanishni topamiz:

$$1 fm = 10^{-13} sm = 10^{-15} m = 5,07 GeV^{-1}$$

$$1 barn = 100 fm^2 = 10^{-28} m^2 = 25,7 10^2 GeV^2$$

$$t = \frac{\hbar}{E} = \frac{\hbar}{m_p c^2} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} J \cdot s}{1,67 \cdot 10^{-27} kg \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2}} = 7 \cdot 10^{-25} s. \quad \hbar = c = 1 \text{ birliklar sistemasida esa}$$

$$t = \frac{\hbar}{m_p c^2} = \frac{1}{m_p} = \frac{1}{0,938 GeV} = \frac{1}{1,67 \cdot 10^{-27} kg} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

ko'ra unga mos keladigan Kompton to'liq uzunlik $\lambda = \frac{h}{mc}$ va unga nisbatan yozilgan Geyzenberg noaniqlik munosabati $\Delta E \Delta t \sim h$ bo'lsa, u holda bu kattaliklar o'lchami birliklarining tabiiy sistemasi $\hbar = c = 1$ ga ko'ra quyidagi munosabatda bo'ladi: $|E| = |P| = |m| = |t^{-1}| = |t^{-1}|$.

Ya'ni energiya, impuls va massa bir xil o'lchov birlik - energiya birliklarida, uzunlik va vaqt ham bir xil o'lchov birlikda - teskari energiya birliklarida o'lchanishi mumkin.

Masalan, proton massasi $m_p = 1,6749485 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Uning massasini $E_0 = m_p c^2$ ga ko'ra energetik birliklarda ifodalash mumkin.

$m_p c^2 \approx 1,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 15,03 \cdot 10^{-11} \text{ J}$, bu yerda, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ekanligini e'tiborga olsak, $m_p c^2 \approx 9,38 \cdot 10^8 \text{ eV} \equiv 0,938 \text{ GeV}$ bo'ladi. Bu ifodadan protonning energetik birliklarda ifodalangan massasi $m_p \approx 0,938 \frac{\text{GeV}}{c^2}$ ga teng bo'ladi. Odatda c^2 ni tushirib qoldirishadi va $m_p = 0,938 \text{ GeV}$ ga teng deyiladi. Shunga o'xshash ixtiyoriy zarraning massasini energetik birliklarda ifodalash mumkin.

Energiya va impuls orasidagi $E = pc$ munosabatdan impulsni $\frac{\text{MeV}}{c}$, yoki c ni tushirib qoldirib, MeV birliklarda ifodalash mumkin.

Eidi turli o'lchov birliklari orasidagi munosabatni topamiz (proton misolida). $\lambda = \frac{h}{m_p c} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,2 \cdot 10^{-13} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}}{\text{kg} \cdot \text{m}} = 2 \cdot 10^{-16} \text{ m}$.

Ikkinchi tomondan

$$\lambda = \frac{h}{m_p c} = \frac{\hbar c}{m_p c^2} = \frac{\hbar c}{E_p} = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,938 \text{ GeV}}, \text{ ya'ni, } 2 \cdot 10^{-16} \text{ m} = \frac{1}{0,938 \text{ GeV}} \text{ bo'ladi.}$$

Bu munosabatdan esa $1 \text{ m} = \frac{10^{16}}{0,938 \cdot 2} \text{ GeV}^{-1} = 5,07 \cdot 10^{15} \text{ GeV}^{-1}$ ga tengligi kelib chiqadi.

Bundan foydalanib fm, barn va GeV lar orasidagi quyidagi bog'lanishni topamiz:

$$1 \text{ fm} = 10^{-13} \text{ sm} = 10^{-15} \text{ m} = 5,07 \text{ GeV}^{-1},$$

$$1 \text{ barn} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2 = 25,7 \cdot 10^2 \text{ GeV}^{-2}.$$

$$t = \frac{\hbar}{E} = \frac{\hbar}{m_p c^2} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 7 \cdot 10^{-25} \text{ s}. \quad \hbar = c = 1 \text{ birliklar sistemasida esa}$$

$$t = \frac{\hbar}{m_p c^2} = \frac{1}{m_p} = \frac{1}{0,938 \text{ GeV}} = \frac{1}{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \text{ ga teng bo'ladi.}$$

$$1\text{kg} = 5,61 \cdot 10^{26} \text{GeV},$$

Bu ikkala munosabatdan

$$1\text{s} = \frac{10^{25}}{0,938 \cdot 7} \text{GeV}^{-1} = 1,52 \cdot 10^{24} \text{GeV}^{-1}$$

mosliklarni topishimiz qiyin emas.

$E \sim kT$ ifodadan energiya bilan temperatura birliklari orasidagi munosabatni ham topib olishimiz mumkin. $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$ va $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$.

Boltzman doimiysidan foydalanib $T \sim \frac{E}{k} \approx \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}} = 1,16 \cdot 10^4 \text{K}$ ni

aniqlashimiz mumkin, ya'ni, $1\text{eV} = 1,16 \cdot 10^4 \text{K}$ ga teng bo'ladi.

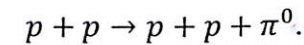
Shunday qilib, biz zarralar fizikasida qo'llaniladigan o'lchov tushunchalari va birliklarini, birliklarning tabiiy $\hbar = c = 1$ sistemasida fizik kattaliklar o'lchamlari, bu o'lchamlar orasidagi munosabatlar va ulardan oddiy - klassik fizikadagi o'lchamlarga o'tish yo'llarini bayon qildik. Bu o'lchov tushuncha va birliklarning talabalar tomonidan o'zlashtirilishi ularning fizikaning tez rivojlanayotgan, eng istiqbolli bo'limi bo'lgan zarralar fizikasini o'rganishlari uchun qulaylik tug'diradi [10].

ZARRALARNING O'ZARO BIR – BIRIGA AYLANISHLARI

Hayotimizda har daqiqada muhim o'zgarishlar sodir bo'lib turadi. Bunga ko'plab misollar keltirishimiz mumkin. Masalan, gugurt cho'pini yondiraylik. Bu haqiqiy o'zgarishga misol bo'ladi. Bu yerda asl aylanish yorug'lik (foton) ning hosil bo'lishidir. Bu kabi hodisalar – yangi elementar zarralarning tug'ilishi – faqat yorug'lik nurlanishidagina emas, balki mikrodunyoda dam – badam sodir bo'luvchi hodisadir. Yorug'lik nurlanishidan tashqari, deyarli ko'p hollarda materiyaning bir turdan ikkinchisiga aylanish hodisasining bevosita kuzatilishi qiyin bo'lib, materiyaning eng ichki o'zagida, ya'ni juda qisqa masofalar bilan **xarakterlanuvchi sohalarda yashiringan.**

Ushbu qisqa masofalarda sodir bo'layotgan hodisalar va elementar zarralarni o'rganish uchun ularni juda katta energiyalargacha tezlatish kerak. Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan zarralarning energiyasi uning impulsiga proporsionaldir: $E = cp$. U holda koordinata impuls noaniqligidan biror kichik masofaga erishish uchun $\Delta E \geq \frac{c}{\Delta x} = \frac{2 \cdot 10^{-11}}{\Delta x} \text{MeV}$ energiya kerakligini aniqlaymiz. Masalan, 10^{-17}m masofagacha kirib borish uchun 10^3MeV energiyadan katta energiyagacha

tezlatilgan zarralar kerak bo'ladi. Bunday katta energiyali elementar zarralarning to'qnashuvida tabiatning ajoyib hodisalaridan biri, ya'ni zarralarning o'zaro bir – biriga aylanishlari sodir bo'ladi. Bu esa elementar zarralarning asosiy xususiyatlaridan biri, ularning boshqa zarralar bilan to'qnashuvida paydo bo'la olish (tug'ilish) qobiliyatidir. Bunday jarayonlarning sodir bo'lishi uchun zarur bo'lgan energiya $E_T = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} = \sqrt{p^2 c^2 + E_0^2}$ formula bilan aniqlanadi. Bunda $E_0 = m_0 c^2$ zarraning tinch holatdagi energiyasi. Haqiqatan ham, bu formulaga binoan energiya muvozanati to'qnashuvchi zarralarning kinetik energiyasi va tinch holatdagi massasiga to'g'ri keladigan energiyasidan iborat bo'lib, zarralar to'qnashuvida bu ikki xil energiya bir – biriga aylanishi mumkin. Masalan, pi – mezonning tinch holatdagi massasi 135 MeV. Demak, uning tug'ilishi uchun aynan shuncha energiya sarf qilinishi kerak. Shuning uchun ham 150 MeV energiyali ikki protonning o'zaro to'qnashuvida neytral pi – mezon (π^0) tug'ilishi mumkin. Bu reaksiya quyidagicha yoziladi:



To'qnashuvdan avvalgi protonlarning 150 MeV kinetik energiyasining 135 MeV qismi π^0 mezonning tinch holatdagi energiyasi ko'rinishiga o'tadi, qolgani esa bu uch zarralar o'rtasida ularning kinetik energiyasi sifatida taqsimlanadi. Umuman ikki zarraning to'qnashuvida ular yetarli kinetik energiyaga ega bo'lsa, massalari yanada kattaroq zarralar ham hosil bo'lishi mumkin. *To'qnashuv jarayonida hosil bo'layotgan ikkilamchi zarralarni hech qachon birlamchi zarralarning tarkibiy qismlari sifatida qarash mumkin emas.*

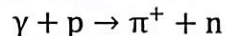
Hozirda ma'lum elementar zarralardan ko'pchiligi vaqt o'tishi bilan o'z – o'zidan parchalanish xususiyatiga ega. Bu hodisada parchalanuvchi zarralarning tarkibi shu parchalanishda hosil bo'lgan zarralardan iborat deb hisoblashga asos bo'lmaydi. Masalan, neytronning parchalanishini ko'rsak. U taxminan 15 min. vaqtdan so'ng proton, elektron va elektron antineytrinosiga parchalanadi. Bu holda biz yangi zarralarning tug'ilishini ko'ramiz. Antineytrinning massasi taxminan nolga teng va u, foton singari, faqat harakatdagina mavjud bo'ladi. Agar uni neytronning tarkibiy qismi desak, antineytroni neytron ichida harakatsiz mavjud bo'lishini ham tan olishimiz kerak. Demak, antineytroni neytronning tarkibiy qismi deb qarashimiz mumkin emas ekan.

Elementar zarralar ishtirokidagi reaksiyalarda bir guruh zarralarning yo'qolib, boshqa bir guruh zarralarning tug'ilish jarayonlari o'zaro bir – birlariga aylanishdan iboratligi, ayniqsa, zarra – antizarra to'qnashuvlarida

aniq namoyon bo'ladi. Masalan, elektron va pozitronning o'zaro to'qnashuvida bu ikkala zarra yo'q bo'lib, ikkita foton tug'iladi.

Umuman, zarralar orasidagi birlik ham, o'xshashlik ham ularning o'zaro bir – birlariga aylanish qobiliyatiga egaligida o'z ifodasini topadi.

Mikrodunyoning juda qisqa vaqt ichida yuz beradigan jarayonlari vaqt o'tishining yo'nalishiga nisbatan simmetriyaga ega. Bu qonunga asosan to'qnashuvlarda zarra tug'ilsa, u yutilishi, ya'ni yo'qolishi mumkin. Bundan tashqari, bir reaksiyaning o'zida zarralarning tug'ilish va yutilish jarayonlari sodir bo'lishi mumkin. Masalan, foton bilan protonning to'nashuvida ular yo'qolib, ikkita yangi zarra – musbat zaryadli pi – mezon va neytron tug'ilishi mumkin:



ya'ni zarralar to'qnashuvlarida o'zaro bir – birini yo'qotib, boshqa zarralarga aylanishi mumkin.

Shunday qilib, zarralar dunyosida o'zaro tug'ilish va yo'qolish imkonining mavjudligi ular ma'lum tuzilishga egami, "birlamchi elementar" zarralardan iboratmi yoki yo'qmi, degan savollarning ma'nosini yo'qotadi.

Elementar zarralarning hamma aylanishlari quyidagi saqlanish qonunlari bajarilgan holda sodir bo'ladi [3]:

- a) energiyaning saqlanish qonuni;
- b) massaning saqlanish qonuni;
- c) impulsning saqlanish qonuni;
- d) harakat miqdori momentining saqlanish qonuni;
- e) elektr zaryadining saqlanish qonuni;
- f) lepton va barion zaryadlarining saqlanish qonuni;
- j) S-, C-va boshqa kvant sonlarining saqlanish qonuni.

*FAZOVIIY JUFTLIKNING SAQLANMASLIK XUSUSIYATI

Biz yuqorida qarab o'tdikki, fazoviy juftlik - kvant soni bo'lib, u fazo o'qlarini qarama – qarshi tomon bilan almashtirish bilan bog'liq, uning saqlanishi fazoning ko'zgu simmetriyasi sabablidir. Boshqacha qilib aytganda, juftlikning saqlanishi jarayonlarning real dunyoda hamda ko'zgudagi aks dunyoda ham bir xilda sodir bo'lishini bildiradi, ya'ni $\psi' = \hat{p}\psi$ bo'lganda \hat{p} -ermit operatorining xususiy qiymati $\eta = +1$ bo'ladi. Dastlab juftlik tushunchasi Yu.Vigner tomonidan 1927 – yili fanga kiritildi va bu kvant soni barcha jarayonlarda qat'iy saqlanadi deb qaraldi. 1954 –

1956 - yillari $\theta \rightarrow \tau$ muammo yuzaga keldi. Ya'ni, bunda bitta g'alati zarra ikki xil yo'l bilan parchalanadi.

$$\theta^+ = \pi^+ + \pi^0, \tau^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$$

Shu ikki xil yo'l bilan parchalanishni e'tiborga olmasa bu zarrachalar K^+ - mezonga mos keladi. $\eta_p(K) = -1$ bo'lgani uchun va tekshirishlar $\eta_p(\theta) = +1$, $\eta_p(\tau) = -1$ ekanligini tasdiqlagani uchun 1956 – yili T.Li va Ch.Yang kuchsiz o'zaro ta'sirlarda juftlik saqlanmasligi to'g'risidagi gipotezani ilgari surishdi. Yuqoridagi misolda K^+ - mezon juftlik buzilishi sababli $\pi^+ + \pi^0$ ga, saqlanishi sababli esa $\pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ ga parchalanishi sodir bo'ladi. Keyinchalik juftlik saqlanmasligi nafaqat K^+ - mezonga, balkim barcha kuchsiz o'zaro ta'sirga xos xususiyat ekanligi ayon bo'ldi. Shu sababli, kuchsiz o'zaro ta'sir Lagranjiani kuchsiz toklarning ko'paytmasi ko'rinishida ifodalanib, kuchsiz toklarning o'zi esa vektor va aksial - vektor kattaliklarning ayirmasi ko'rinishida ifodalanishi ma'lum bo'ldi

$$L_w = \frac{G_F}{\sqrt{2}} J_\mu J_\mu^* = \frac{G_F}{\sqrt{2}} (V-A)_\mu (V-A)_\mu^*$$

Ikkita $(V-A)$ tokning ko'paytmasi esa skalyar va psevdoskalyarning yig'indisini beradi. Skalyar qo'shiluvchi sababli K^+ - mezon juftlikni saqlagan holda 3 ta pionga, psevdoskalyar qo'shiluvchi hisobidan esa K^+ - mezon juftlikni saqlamagan holda 2 ta pionga parchalanadi. Kuchsiz mezon juftlikni saqlamagan holda 2 ta pionga parchalanadi. Kuchsiz o'zaro ta'sirda juftlik saqlanmasligi 1957 – yili S.Vu tomonidan tajribada tasdiqlandi. Tajribada ^{60}Co yadrolarining β - parchalanishdagi elektronlar burchak taqsimoti o'rganildi. ^{60}Co yadrolari spini $I = 5$ bo'lib tashqi magnit maydoni ta'sirida oson oriyentatsiyasini o'zgartirishi mumkin. Shu bilan birga yadrolar issiqlik harakati ta'sirini kamaytirish maqsadida namuna juda past temperaturalargacha sovitildi hamda tashqi magnit maydoniga joylashtirildi. Natijada namuna yadrolari ma'lum yo'nalishda oriyentatsiyalandi. P- juftlik buzilishi uchun elektronlar burchak taqsimotida assimetriya kuzatilishi kerak, ya'ni yadrolar spini yo'nalishida va uning qarama – qarshi yo'nalishda chiqqan elektronlar soni bir - biriga mos kelmasligi kerak. Yadro spini aksial – vektor kattalik bo'lgani uchun ko'zgudagi aksida uning yo'nalishi o'zgarmaydi, elektron impulsi vektor kattalik bo'lgani uchun esa aksida o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Tajriba elektronlarning burchak assimetriasini tasdiqladi. Yadrolar spini yo'nalishida chiqqan elektronlar soni unga qarama – qarshi yo'nalishdagidan 40% ga ko'pligi aniqlandi. Vu tajribasi kuchsiz o'zaro ta'sirda juftlik saqlanmasligini isbotladi va 1957 – yili T.Li va Ch.Yang Nobel mukofotiga sazovar bo'ldi [1].

***KOMBINATSIYALANGAN JUFTLIK VA NEYTRAL K -MEZONLAR XOSSALARI**

Tabiatda ikki xil almashtirishlar mavjud: uzluksiz va diskret almashtirishlar va shu bilan birga ularga mos simmetriyalar ham. Uzluksiz almashtirishlarga fazo-vaqtdagi siljishlar va sanoq sistemasi burilishlari misol bo'ladi. Uzluksiz almashtirishlarga nisbatan simmetriyalar natijasida energiya, impuls va impuls momenti saqlanish qonunlari yuzaga keladi. Bu simmetriyalar fazo - vaqtning bir jinsligi va izotropligidan yuzaga keladi. Diskret almashtirishlar shunday almashtirishki, bunda agar almashtirish ketma - ket ikki marta bajarilsa, sistema oldingi holatiga qaytadi. Diskret almashtirishlarga P -, C - va T - almashtirishlar kiradi. Yuqorida biz P - almashtirishni ko'rib o'tdik. Agar bu almashtirish operatorini bir marta ko'llasak, jarayonning ko'zgidagi aksini hosil qilamiz. Ikkinchi marta qo'llasak esa dastlabki jarayonga qaytib kelamiz. Demak, diskret almashtirish operatorlari uchun $\hat{P}^2 = \hat{C}^2 = \hat{T}^2 = 1$ deb yozishimiz mumkin. Shu xususiyati bilan diskret almashtirishlar uzluksiz almashtirishlardan farq qiladi. P -almashtirishga nisbatan invariantlik real jarayon va uning ko'zgidagi aksi bir xil ehtimollik bilan yuz berishini bildiradi. Shunga o'xshash T - invariantlik biror jarayon va unga teskari jarayon bir xil ehtimollik bilan, C -invariantlik esa biror jarayon va undagi zarralar antizarralarga almashtirilgandagi jarayon bir xil ehtimollik bilan sodir bo'lishini bildiradi. Endi oldingi paragrafdagi P -juftlikning buzilishini qarasaq, bu hodisa fazoning xususiyati bo'lmasdan, balkim zarraning o'z ichki xususiyatidir. Chunki fazo bir jinsli va izotropdir. Bunga misol qilib neytrinoni qarashimiz mumkin. Ma'lumki, neytrino chap spirallik xususiyatiga ega. Ya'ni, spinning impuls yo'nalishiga proyeksiyasi doimo manfiydir. Shu sababli bu zarraning ko'zgidagi aksi (P -almashtirishdan keyin) o'ng spiral neytrinoga o'tadi. Lekin tabiatda bunday neytrino mavjud emas. Shu sababli C -almashtirishni qo'llasak neytrino antineytrinoga o'tadi va u o'ng spirallikka ega bo'ladi. Va bunday zarra bizning real dunyomizda mavjuddir. Shunday qilib, fazoning ko'zgu simmetriyasi tiklandi. Bu g'oya 1957-yili L.Landau, A.Salam, T.Li va Ch.Yang tomonidan ilgari surilgan kuchsiz o'zaro ta'sirda kombinatsiyalangan, ya'ni CP -juftlikning saqlanish qonuni mazmunini tashkil qiladi. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sir P -va C -almashtirishlarga, hamda CP -kombinatsiyalangan almashtirishlarga nisbatan invariantdir. Kuchsiz o'zaro ta'sir P -invariant emasligi uchun C -almashtirish bu simmetriyani tiklaydi deb qaraldi. Ya'ni, CP - juftlik

kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanishi kerak. Kombinatsiyalangan juftlik kvant soni - $\eta_{PC} = \eta_P \eta_C$ kabi, ya'ni kvant sonlar ko'paytmasi bilan aniqlanadi. Masalan, $\eta_{PC}(\pi^0) = \eta_P(\pi^0) \eta_C(\pi^0) = (-1) \cdot (+1) = -1$.

Shu kabi elektr jihatdan neytral sistemalar uchun $\eta_{PC}(\pi\pi) = +1$

$$\eta_{PC} = (\pi\pi) = \begin{cases} -1 & \text{juft son} \\ +1 & \text{toq son} \end{cases}$$

Dastlab kuchsiz ta'sir CP - invariant deb qaraldi. Lekin 1964 - yili uzoq yashovchi K -mezonning 2 ta pionga parchalanishi kuzatildi.

$$K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

Chunki CP - toq holatdagi K_L^0 mezon asosan $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ga parchalanardi. $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ jarayonda esa $\pi^+ \pi^-$ holat CP - juft holatdir. Shunday qilib, kuchsiz ta'sirda CP -invariantlik ham buzilar ekan. K_L^0 -mezonning $\pi^0 \pi^0, e^+ \nu \pi^+, \mu^+ \nu \pi^+$ kanallarga parchalanishi ham CP -invariantlikning (shu bilan birga T -invariantlikning ham) buzilishini tasdiqladi. Lekin CP -invariantlikning buzilishi juda kichik bo'lib amplitudaning 10^{-3} qismini tashkil qiladi va faqat K_L^0 -mezon parchalanish kanallarida kuzatilmoqda. CP - invariantlik buzilishning tabiati haligacha noma'lum.

Endi neytral kaonlar xususiyatlariga to'xtalib o'tamiz. K^0 - va \bar{K}^0 - mezonlar mos holda $S=+1$ va $S=-1$ g'alatilik kvant soniga ega. Shu sababli neytral K - mezonlar haqiqiy neytral zarra emas va kombinatsiyalangan juftlik ularni bir - biriga aylantiradi.

$$\hat{P}\hat{C}K^0 = \bar{K}^0, \hat{P}\hat{C}\bar{K}^0 = K^0$$

Kuchli o'zaro ta'sirda S - kvant soni saqlanishi sababli K^0 va \bar{K}^0 o'zlarini alohida tutishadi. Masalan, $\pi^- + P \rightarrow \Lambda^0 + K^0$ sodir bo'ladi, $\pi^- + P \neq \Lambda^0 + \bar{K}^0$ sodir bo'lmaydi.

Kuchsiz o'zaro ta'sirni qarasaq, K^0 va \bar{K}^0 orasida farq yo'qoladi. Masalan, $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (a) parchalanish sodir bo'ladi. Unga qo'shma jarayon $\bar{K}^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (b) ham CP -invariantlik sababli, undan oldingi jarayon bilan bir xil ehtimollikda sodir bo'lishi kerak. Ya'ni K^0 va \bar{K}^0 orasidagi farq yo'qoladi. Oxirgi ikki jarayonning o'ng tomoni $\eta_{CP}(\pi\pi) = +1$ farq yo'qoladi. Oxirgi ikki jarayonning o'ng tomoni esa aniq η_{CP} juftlikka ega kombinatsiyalangan juftlikka ega; chap tomoni esa aniq η_{CP} juftlikka ega emas, chunki K^0 va \bar{K}^0 mezonlar haqiqiy neytral zarralar emas. Bu muammoni tushuntirish uchun quyidagi almashtirishlarni bajaramiz.

$$K^0 = \frac{K^0 + \bar{K}^0}{2} + \frac{K^0 - \bar{K}^0}{2}, \bar{K}^0 = \frac{K^0 + \bar{K}^0}{2} - \frac{K^0 - \bar{K}^0}{2}$$

Bu yerda, $K_1^0 = \frac{K^0 + \bar{K}^0}{\sqrt{2}}$ va $K_2^0 = \frac{K^0 - \bar{K}^0}{\sqrt{2}}$ (c) deb belgilash kiritsak, yuqoridagi ifodalar $K^0 = \frac{K_1^0 + K_2^0}{\sqrt{2}}$, $\bar{K}^0 = \frac{K_1^0 - K_2^0}{\sqrt{2}}$ ko'rinishga keladi. Endi K_1^0 va K_2^0 ra $\hat{P}\hat{C}$ -operatorini ta'sir ettirsak,

$$\hat{P}\hat{C}K_{1,2}^0 = \hat{P}\hat{C}\frac{K^0 \pm \bar{K}^0}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}(\hat{P}\hat{C}K^0 \pm \hat{P}\hat{C}\bar{K}^0) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{K}^0 \pm K^0) = \pm K_{1,2}^0$$

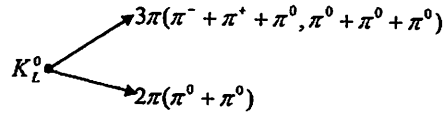
bo'ladi, ya'ni, $\eta_{CP}(K_1^0) = +1$ va $\eta_{CP}(K_2^0) = -1$. Demak, K^0 va \bar{K}^0 mezonlar aniq CP -juftlikka ega bo'lmasada, ularning superpozitsiyasi K_1^0 - va K_2^0 - aniq CP -juftlikka ega. Shu sababli, (a) va (b) jarayonlar realdir va bunda CP juft bo'lgan K_1^0 komponenta ishtirok etadi. (c) ifodani p va \bar{p} , n va \bar{n} zarralar uchun yozib bo'lmaydi chunki B -barion va q -elektr zaryadlari saqlanish qonunlari bu zarralar uchun aniq bajariladi. K^0 - va \bar{K}^0 - mezonlar faqat S -g'alatik kvant soni bilan farqlanadilar va o'zaro kuchsiz ta'sirda bu kvant soni saqlanmaydi. Shu ma'noda superpozitsiya D^0 - va \bar{D}^0 - mezonlar uchun ham o'rinli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, agar lepton zaryadi saqlanmasa, $\nu_\alpha \leftrightarrow \bar{\nu}_\alpha$ ($\alpha = e, \mu, \tau$) va $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ neytrino ossilyatsiyalari ham sodir bo'lishi mumkin. Bu hodisaga alohida to'xtalib o'tamiz. Demak, kuchli o'zaro ta'sirda neytral kaonlar K^0 va \bar{K}^0 -ko'rinishida, kuchsiz o'zaro ta'sirda esa K_1^0 va K_2^0 -holatlarda ishtirok etadi va bu ta'sirlarda kombinatsiyalangan juftlik saqlanadi. $K_1^0 \rightarrow 2\pi(\pi^0\pi^0, \pi^+\pi^-, \pi^+\pi^-\pi^0)$, $K_2^0 \rightarrow 3\pi(\pi^0\pi^0\pi^0, \pi^+\pi^-\pi^0)$ parchalanishlar sodir bo'ladi. Lekin, $K_2^0 \rightarrow 2\pi$ parchalanish umuman sodir bo'lmaydi. Tajribadan 2π va 3π ga parchalanishlarda neytral K -mezonlarning yashash davri mos ravishda $\tau_{2\pi} \approx 0,9 \cdot 10^{-19} s$ va $\tau_{3\pi} \approx 5,2 \cdot 10^{-8} s$ ekanligi aniqlandi. Shu sababli K_1^0 va K_2^0 holatlar mos ravishda qisqa va uzoq yashovchi mezonlar deyiladi. $K_S^0 = K_1^0$, $K_L^0 = K_2^0$ K_1^0 va K_2^0 holatlar mavjudligi 1955 - yili M.Gell-Mann va A.Pays tomonidan aytilgan, K_L^0 -holat 1957 - yili L.Lederman gruppasi tomonidan topilgan. Demak, K_S^0 va K_L^0 holatlar nuqtai - nazaridan kombinatsiyalangan juftlik saqlanadi, ya'ni $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$, $K_L^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0, \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ va $K_L^0 \neq 2\pi$. Lekin 1964-yili $K_L^0 \rightarrow 2\pi$ jarayon J.Kronin, V.Fitch va boshqalar tomonidan tajribada kuzatildi. Bu $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ parchalanish kombinatsiyalangan juftlik saqlanish qonuniga ko'ra ta'qiqlangan edi. Keyinroq esa $K_L^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$ parchalanish kuzatildi. Bu kanallar K_L^0 barcha parchalanishlarining mos ravishda 0,22% va 0,09 % tashkil qiladi. Demak, $K_S^0 = K_1^0$ va $K_L^0 = K_2^0$ tengliklar o'rinli emas va $K_S^0 = \frac{K_1^0 + \varepsilon K_2^0}{\sqrt{1 + |\varepsilon|^2}}$, $K_L^0 = \frac{K_2^0 + \varepsilon K_1^0}{\sqrt{1 + |\varepsilon|^2}}$

superpozitsiya o'rinli. Tajribalar $|\varepsilon| \approx 2,3 \cdot 10^{-3}$ ekanligini ko'rsatdi. Shu sababli yuqoridagi superpozitsiyani $K_S^0 = K_1^0 + \varepsilon K_2^0$, $K_L^0 = K_2^0 + \varepsilon K_1^0$ deb yozish mumkin. CP -invariantlik buzilgan $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$, $K_L^0 \rightarrow \pi^- + \mu^- + \nu_\mu$ parchalanishlar va ularga qo'shma $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e$, $K_L^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^- + \nu_\mu$ jarayonlar ham tajribada kuzatildi. Bunda yuqorigi (Γ_a) va pastki (Γ_b) parchalanishlar ehtimolliklari bir - biriga teng emasligi kuzatildi. $\frac{\Gamma_a - \Gamma_b}{\Gamma_a + \Gamma_b} = 3,30 \pm 0,12 \cdot 10^{-3}$, ya'ni asimmetriya darajasi ε bilan bir xil darajada va juda kichik. Kombinatsiyalangan juftlik boshqa hodisalarda ham kuzatilishi mumkin. Faqat neytral K -mezonlarda bu hodisa yetarli darajada sezilarli. Neytron dipol momenti ($-P_n = e\ell$, $\ell \leq 6,10^{-27}$ m agar mavjud bo'lsa), koinotdagi barion assimetriya (p -proton va n -neytronlarning \bar{p} -antiproton va \bar{n} -antineytronlarga qaraganda ko'p tarqalganligi) sini ham CP -noinvariantlik bilan bog'lashmoqda. CP -noinvariantlik mikroduyoda vaqt o'qi mavjudligiga ham ishora qilmoqda. CP -invariantlikning buzilishini kvark modeli doirasida olingan Kabibo - Kabayashi - Maskava aralashish matritsasi bilan bog'lashmoqda va uning tabiati haligacha noma'lum [1].

*T-ALMASHTIRISH VA CPT-TEOREMA

Biz P - va C - almashtirishlarni qarab o'tdik. P - juftlik buzilishi K^+ - mezonning 2π va 3π larga parchalanishida kuzatilgan edi. P - juftlik biror fizik kattalikning koordinatalar o'qlarini ko'zguga akslantirgandagi o'zgarishini bildiradi, ya'ni $x \rightarrow -x, y \rightarrow -y, z \rightarrow -z$ holatdagi o'zgarishni. Agar biror jarayon P -invariant desak, shu real jarayon va ko'zgudagi uning aksi bir xil ehtimollik bilan sodir bo'lishini bildiradi. Lekin ^{60}Co yadrosi β -parchalanish misolida P - invariantlik buzilishini ko'rib chiqdik. C -almashtirishda esa zarra antizarraga almashtiriladi. C - invariantlik biror jarayon va undagi barcha zarralar o'z antizarralariga almashtirilgan jarayon bir xil ehtimollik bilan sodir bo'lishini bildiradi. Lekin neytral K - mezonlar misolida kuchsiz o'zaro ta'sirlarda P - va CP - kombinatsiyalangan invariantlik buzilishini ko'rib chiqdik. Diskret almashtirishlarning yana biri bu T -almashtirishdir. T - almashtirishda vaqt o'qi $t \rightarrow -t$ ga almashtiriladi. T - almashtirishga nisbatan invariantlik biror jarayon va unga teskari jarayon ehtimolligi bir - biriga tengligini bildiradi. Yuqorida qarab chiqqan $K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ jarayon CP -kombinatsiyalangan invariantlikning buzilishini bildiradi. Shu bilan birga, bu jarayon T -

invariantlikning ham buzilishini anglatadi. Chunki K_L^0 -mezon holati asosan 3π holatga parchalanadi va juda oz ehtimollik bilan 2π holatga parchalanadi. Agar endi teskari jarayonni qarash, 3π ($\pi^+ + \pi^- + \pi^0, \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$) holat K_L^0 - mezon holatining to'la yashash vaqtini ifodalay olmaydi.



ya'ni, T -invariantlik buziladi. \hat{C} va \hat{P} operatorlari ma'lum harakatni ifodalagani kabi, \hat{T} - operator t - argumentga $-t$ ni mos qo'yadi. Ya'ni, jarayonning boshlang'ich va oxirgi holatlarini o'zaro almashtiradi, zarralar impulslari va spin proyeksiyalari ishorasini o'zgartiradi.

3 - jadval

Kattalik	Operatsiya	
	\hat{P}	\hat{T}
Koordinatalar	$\vec{r} \rightarrow -\vec{r}$	$\vec{r} \rightarrow \vec{r}$
Vaqt	$t \rightarrow t$	$t \rightarrow -t$
Massa	$m \rightarrow m$	$m \rightarrow m$
Impuls	$\vec{p} \rightarrow -\vec{p}$	$\vec{p} \rightarrow -\vec{p}$
Impuls momenti	$\vec{L} \rightarrow \vec{L}$	$\vec{L} \rightarrow -\vec{L}$
Kuch	$\vec{F} \rightarrow -\vec{F}$	$\vec{F} \rightarrow \vec{F}$
Energiya	$E \rightarrow E$	$E \rightarrow E$
Zaryad	$e \rightarrow e$	$e \rightarrow e$
Elektr maydoni	$\vec{E} \rightarrow -\vec{E}$	$\vec{E} \rightarrow \vec{E}$
Magnit maydoni	$\vec{B} \rightarrow \vec{B}$	$\vec{B} \rightarrow -\vec{B}$

Bu jadvalni to'ldirishda quyidagi ifodalardan foydalaniladi

$$\vec{p} = m \frac{d\vec{r}}{dt}; \vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]; \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}; E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2}; \vec{F}_L = e\vec{E} + e[\vec{g}, \vec{B}]$$

Shredinger tenglamasida t -vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila qatnashadi va \hat{T} - almashtirish uning ishorasini o'zgartiradi. Shu sababli bu tenglamaning kovariantligini saqlash uchun to'lqin funksiyaning vaqt argumenti ishorasini o'zgartirishi bilan birga, to'lqin funksiyaning o'zi ham kompleks qo'shmasiga almashtiriladi $\hat{T}\psi(\vec{r}, t) = \psi^*(\vec{r}, -t)$. Shu sababli \hat{T} -operator ermit operatori emas, ya'ni bu operatorga fizik kattalikni mos qo'yib bo'lmaydi (vaqt juftligi tushunchasi mavjud emas). Shu sababli T -invariantlik qandaydir saqlanish qonunlariga olib kelmaydi. Shunday bo'lsada, to'g'ri va teskari yo'nalishda sodir bo'luvchi jarayonlar

ehtimolliklari orasidagi ma'lum munosabatga olib keladi. Mikrodunyodagi barcha jarayonlar (ayrim jarayonlardan tashqari) vaqt bo'yicha qaytariluvchidir.

Endi CPT -teorema kelsak, uni quyidagicha ta'riflashimiz mumkin: Agar biror jarayonga birdaniga \hat{C} -, \hat{P} - va \hat{T} - operatorlarni qo'llasak, hosil bo'lgan jarayon boshlang'ich jarayon bilan bir xil ehtimollikda sodir bo'ladi. Bunda alohida \hat{C} -, \hat{P} - va \hat{T} - almashtirishlarda invariantlik buzilishi mumkin, lekin bir invariantlikning buzilishi, boshqasining buzilishi hisobidan kompensatsiyalanadi, lekin uchchala almashtirishdan keyin simmetriya yana tiklanadi. Haligacha CPT - invariantlik buzilgan jarayon kuzatilgan emas. Bu tasdiq 1951-1955-yillarda G.Lyuders va V.Pauli tomonidan isbotlangan CPT - teoremaning mazmunidir [1].

ADRONLAR STRUKTURASI

Yuqorida bayon qilinganlardan ma'lumki, biz hozirgacha qarab o'tgan elementar zarralar asosan 3 sinfga bo'linadilar: leptonlar, ular kuchli o'zaro ta'sirda qatnashmaydilar; adronlar - barcha, shu jumladan, kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashadilar; o'zaro ta'sir tashuvchilar - glyuonlar, foton, W^\pm -, Z^0 - bozonlar va G - graviton har biri o'zlari ta'sir tashuvchi bo'lgan o'zaro ta'sirdagina qatnashadi. Leptonlar- haqiqiy elementar zarralar hisoblanadi. Hozirda $\approx 10^{-18}m$ masofagacha ular o'zlarini nuqtaviy zarra kabi tutishadi va o'z ichki strukturasi namoyon qilishmaydi. Ikkinchidan, ular bor yo'g'i 6 ta - $e^-, \nu_e, \mu^-, \nu_\mu, \tau^-, \nu_\tau$ (va antizarralari bilan birga 12 ta) bo'lib, e^- va barcha neytrinolar absolyut stabil zarralar hisoblanadi, μ^-, μ^+ - mezonlar va τ^-, τ^+ - leptonlarning yashash vaqti esa yadro yemirilish vaqtiga ($\approx 10^{-22}s$) nisbatan ancha katta.

Endi adronlarga kelsak, birinchidan, ular soni ancha ko'p - bir - necha yuzga teng va asosiy qismini rezonanslar tashkil qiladi. Ikkinchidan, ular elektromagnit strukturaga ega. Masalan, p -proton va n -neytron magnit momentlariga ega. Shu sababdan adronlarga xos umumiy xossalar izlandi va adronlar boshqa elementar zarralardan tashkil topmaganmikan degan fikr paydo bo'ldi. Bu yo'nalishdagi birinchi model E.Fermi va Ch.Yang tomonidan 1949 - yili taklif qilindi. Bu modelga ko'ra o'sha vaqtda ma'lum bo'lgan p va n va ularning antizarralari fundamental zarralar deb e'lon qilindi. Lekin biroz vaqt o'tib g'alati zarralar ham tajribada kuzatilishi bilan bu model kengaytirildi. Natijada barcha mavjud adronlar

p, n va Λ g'alati zarra va ular antizarralarining ma'lum kombinatsiyalaridan tuzilgan deb qaraldi. Bu qarash 1956 - yili S.Sakata tomonidan ilgari surildi va hozirda Sakata modeli deb ataladi. Lekin yangi adronlarning kashf qilinishi va ularni bu model doirasida tushuntirib bo'lmagligi sababli Sakata modeli inqirozga yuz tutdi. Lekin shunday bo'lsada bu model adronlar strukturasi o'rganish yo'lida katta rol o'ynadi.

1964 - yili M.Gell-Mann va J.Sveyg kasr zaryadli kvarklar tripletini taklif qilishdi. Hozirda bu kvarklar u - (inglizcha *up* - baland, chunki $T_3 = +\frac{1}{2}$), d - (inglizcha *down*- past, chunki $T_3 = -\frac{1}{2}$) va s - (inglizcha *strange*-g'alati, chunki $T_3 = 0, S \neq 0$) kvarklar deb ataldi.

Ularning to'la xarakteristikallari quyidagi jadvalda berilgan.

4 - jadval

Kvark	J	η_p	B	T	T_z	Y	S	q
u	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}$	0	$+\frac{2}{3}$
d	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}$	0	$-\frac{1}{3}$
s	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{2}{3}$	-1	$-\frac{1}{3}$

Kvarklar uchun ham Gell - Mann - Nishidjima munosabati $q = T_z + \frac{Y}{2}$,

$Y = B + S$ o'rinlidir. Antikvarklar uchun J va T dan boshqa barcha xarakteristikallari qarama-qarshi ishoraga ega. Kvarklar barcha adronlar tuzilishini tushuntirish va shu bilan birga ularni oddiy, yanada umumiy simmetriyaga asoslangan prinsiplar asosida tushuntirish maqsadida kiritilgan. Bunga ko'ra barcha mezonlar kvark va antikvarklardan, barionlar esa uchta kvarkdan, antibarionlar esa uchta antikvarkdan tuzilgan, ya'ni $M = q\bar{q}$, $B = qqq$, $\bar{B} = \bar{q}\bar{q}\bar{q}$. Agar mezonlarni kvarklar nuqtai-nazaridan ifodalasak, quyidagi oktetni keltirishimiz mumkin.

$$\pi^- = \bar{u}d, \pi^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u - \bar{d}d), \pi^+ = \bar{d}u$$

$$K^0 = \bar{s}d, K^+ = \bar{s}u, \bar{K}^0 = \bar{d}s, K^- = \bar{u}s$$

$$\eta^0 = \frac{1}{\sqrt{6}}(\bar{u}u + \bar{d}d - 2\bar{s}s)$$

Bundan tashqari unitar singlet ham mavjud $\eta' = \frac{1}{\sqrt{3}}(\bar{u}u + \bar{d}d + \bar{s}s)$ uning massasi 958 MeV, $T_3 = Y = 0$. η va η' mezonlar uchun $s = 0$, lekin ular tarkibida s - kvark mavjud. Shu sababli bu zarralar "yashirin" g'alatilik kvant soniga ega deyiladi. Biz qarab chiqqan mezonlar - psevdoskalyar mezonlar deyiladi, chunki ular $J^P = 0^-$ kvant sonlariga ega. Bu mezonlarni

tashkil qilgan kvark va antikvark spinlari antiparallel yo'nalgan bo'ladi (1S_0 - holat). Agar kvark - antikvark juftliklar 3S_1 holatda bo'lsa (kvark - antikvark spinlari parallel bo'lgan holat) 9 ta vektor mezonlar hosil bo'ladi. Vektor mezonlar uchun spin juftlik kvant sonlari $J^P = 1^-$ ga teng.

$$\rho^- = \bar{u}d, \rho^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(\bar{u}u - \bar{d}d), \rho^+ = \bar{d}u$$

$$K^{*0} = \bar{s}d, K^{*+} = \bar{s}u, \bar{K}^{*0} = \bar{d}s, K^{*-} = \bar{u}s$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{6}}(\bar{u}u + \bar{d}d - 2\bar{s}s) \text{ va singlet}$$

$$\phi = \frac{1}{\sqrt{3}}(\bar{u}u + \bar{d}d + \bar{s}s) - \text{ mezon.}$$

Biz qarab o'tgan psevdoskalyar - 0^- va vektor 1^- mezonlar orbital momenti $L = 0$ ga teng. Bundan tashqari kvark - antikvark juftliklarning uyg'ongan, ya'ni $L = 1$ orbital momentga teng holatlari ham mavjud. Bu mezon rezonanslar: skalyar - $J^P = 0^+$, aksial-vektor - $J^P = 1^+$ va tenzor - $J^P = 2^+$ mezonlar deyiladi. Ularning kvark strukturasi yuqoridagidek bo'lib, faqat massalari va kvant sonlari bilan farq qiladilar. Bu turdagi mezon rezonanslar elementar zarralar jadvallari (Particle Data Group) da keltirilgan. Aytib o'tganimizday barionlar uchta kvarkdan tuzilgan. Tarkibida 3 ta u, d va s kvarklar bo'lgan barion oktetni quyidagi ko'rinishda ifodalanadi.

$$n = udd; p = uud$$

$$\Lambda^0 = uds$$

$$\Sigma^- = dds; \Sigma^0 = uds; \Sigma^+ = uus$$

$$\Xi^- = dss; \Xi^0 = uss$$

Bu holda barionlar spini $J = \frac{1}{2}$ bo'lishi uchun kvarklardan birining spini qolgan ikkitasi spiniga antiparallel yo'nalgan bo'lishi kerak. Agar uchala kvarkning ham spinlari bir tomonga yo'nalgan bo'lsa, $J = \frac{3}{2}$ spinli barionlar deketni hosil bo'ladi.

$$\Delta^- = ddd; \Delta^0 = udd; \Delta^+ = uud; \Delta^{++} = uuu;$$

$$\Sigma^{*-} = dds; \Sigma^{*0} = uds; \Sigma^{*+} = uus;$$

$$\Xi^{*-} = dss; \Xi^{*0} = uss; \Omega^- = sss.$$

Barionlar oktetni va deketni minimal massaga va $L = 0^-$ orbital momentga ega bo'lib, asosiy holat barionlarini hosil qiladi. Mezonlar kabi barionlar ham o'z rezonans holatlariga, ya'ni orbital uyg'ongan $L \neq 0$ holatlariga ham ega. Barion rezonanslari oktetni va deketni qabul qiladi (barion rezonanslari Particle Data Group jadvallarida keltirilgan). Shu o'rinda

yana bir ichki fazoga tegishli tushuncha bilan tanishib o'tamiz. Agar Λ^0 - va Σ^0 -barionlarni qarasaq, ular bir xil kvarklardan tuzilgan. Λ^0 - barion izospini $T=0$, Σ^0 - barionniki esa $T=1$ ga teng va ular izospinlari hisobiga farqlanadilar, Endi Ω^- - giperonni qarasaq, u (sss) kvarklardan iborat bo'lib, ular spinlari bir tomonga qaragan va bu kvarklar bir xil holatlarda joylashgan. Lekin kvarklar $J=\frac{1}{2}$ spinga ega bo'lganligi sababli Fermi-

Dirak statistikasiga bo'ysunishi hamda Pauli prinsipi bajarilishi kerak. Tajriba natijalari Ω^- -giperon 3 ta s -kvarkdan tuzilgani hamda ularning barchasi bir xil kvant holatida ekanligini ko'rsatdi. Bu holda esa Pauli prinsipi buzilib kvarklar Fermi-Dirak statistikasiga emas, balkim Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunishi kelib chiqadi. Bu qarama-qarshilikni bartaraf qilish uchun kvarklar uchta holatda bo'lishi zarurligi kelib chiqadi. Bu kvant songa "rang" deyilib, u uchta qiymatga ega bo'lishi, ya'ni qizil (red), yashil (green) va ko'k (blue) holatlarda bo'lishi bashorat qilindi. Bu yerda "rang" so'zi va qizil, yashil va ko'k ranglar ko'chma ma'noda ishlatiladi hamda tabiatdagi optik ranglar bilan aloqasi yo'q. "Rang" va qizil, yashil va ko'k ranglar-kvant sonlari bo'lib, ichki "rangli" fazoga tegishlidir. Tabiatda bu uch rang qo'shib oq rang hosil bo'lishi sababli, uchta kvark uch xil rangda yoki kvark-antikvark juftligi rang-antirang holatda bo'lishi ham rangsiz adronlarni hosil qiladi. "Rang"-kvant soni kiritilishi sababli 2 ta qoida yuzaga keladi.

1. Barionlar turli rangdagi uchta kvarkdan tashkil topgan.
2. Mezonlar 3 xil rang teng miqdorda qatnashgan kvark-antikvarklardan iborat.

Shu sababli ham tabiatda "rang"li adronlar kuzatilmaydi.

Kvarklarning uch xil rangda bo'lishi yangi simmetriyaga-rangli simmetriyaga olib keldi. Ya'ni, kuchli o'zaro ta'sir ichki rangli fazodagi $SU_c(3)$ - almashtirishlar gruppasiga nisbatan invariantdir. Rangli simmetriya aniq simmetriyadir. Ya'ni, turli rangdagi lekin bir turdagi kvark bir xil massaga egadir. $SU_c(3)$ -gruppada C -color- rang, 3 esa 3 xil rangni bildiradi. Rangli simmetriya nuqtai-nazaridan yuqorida qarab chiqqan ikkita qoidamiz quyidagi yagona ko'rinishga keladi: barcha adronlar rangli singletlar ko'rinishida mavjud bo'lishi kerak. Ya'ni, rang -kvant soni adronlar darajasida kuzatilmaydi.

Rang tushunchasi kiritilgandan keyin turli turdagi kvarklar aromat - xushbo'ylik belgilari bilan nomlandi. (flavor — aromat, xushbo'ylik). u -kvark $T_3 = +\frac{1}{2}$ -kvant soni, d -kvark $T_3 = -\frac{1}{2}$ -kvant soni, s -kvark esa $S = -1$ -

kvant sonlari bilan bogliq. Bunga ko'ra, u, d, s -kvarklar -xushbo'ylik belgilaridir. Bu kvarklar o'z navbatida uch xil rangli holatda mavjud bo'lishadi. Shu o'rinda $SU(n)$ -simmetriya gruppalari to'g'risida ham to'xtalib o'tsak o'rinli bo'ladi. Yuqorida $SU_c(3)$ -simmetriyaga to'xtalib o'tgan edik. Shunga o'xshash $SU(n)$ -xushbo'ylik simmetriya gruppalari ham mavjud. Masalan, $SU(2)$ - simmetriya gruppasi u - va d - kvarklardan tuzilgan adronlarni o'zida mujassamlashtiradi. Bu yerda 2 soni ikkita u va d -kvarklarni, yoki $\frac{1}{2}$ izospini bildiradi. Chunki u - va d - kvarklar izospini $\frac{1}{2}$ ga teng. $SU(3)$ - simmetriya esa u, d va s - kvarklarni o'z ichiga olgan adronlarni birlashtiradi. Shunday qilib, M.Gell-Mann va J.Sveygning kvark modelida 3 xil rangli 3 ta kvark va ularning antirang va antixushbo'y partnerlari - jami 18 ta fundamental zarra bo'lib, barcha adronlar shu 18 ta zarradan iborat deb qaraldi. Lekin bu u, d - va s - kvarklar keyinchalik kuzatilgan J/ψ -mezonni va qolgan barcha adronlarni tushuntirib berishga yetarli bo'lmadi.

Dastlab 1974 - yili J/ψ - mezon tajribada kuzatildi. Bu mezon massasi proton massasidan deyarli uch marta katta bo'lib, yashash vaqti $\tau \approx 10^{-20}$ s ga teng. J/ψ -mezonning parchalanish kanallari

$$J/\psi \rightarrow \begin{cases} \text{Adronlar (85,6\%)} \\ e^+ + e^- (7,4\%) \\ \mu^+ + \mu^- (7\%) \end{cases}$$

Tez orada bu mezon to'rtinchi kvark $-c$ -maftunkor kvarkdan tuzilgani aniq bo'ldi. $J/\psi = \bar{c}c$, ya'ni yashirin maftunkorlik kvant soniga ega. Shundan keyin boshqa maftunkor kvant soniga ega adronlar ham kuzatildi. J/ψ - mezon- charmoniy deb ataldi. 1979 - yili esa ψ (ipsilon)-mezon tajribada kuzatildi. Bu mezonni $\bar{b}b$ -kvarklardan tuzilgan sistema deb qaraldi. b -beauty-go'zal kvark- beshinchi kvark bo'lib, ko'pincha "bottom"-tub kvark ham deyiladi. $b\bar{b}$ - mezon- bottomiy deb ham ataladi.

1975 yili τ - lepton va unga mos ν_τ -tau neytrino tajribada topilgandan keyin, 6 ta leptonga mos 6 ta kvark mavjud bo'lishi va shu yo'l bilan lepton-kvark simmetriyasi mavjudligi bashorat qilindi. Shu taxlit J/ψ va $b\bar{b}$ -mezonlarga o'xshash - $\bar{t}t$ tajribada izlandi. Hozirda esa 6 - kvark - t - truth -haqiqiy (yoki top-cho'qqi) kvak-antikvarkdan tuzilgan zarralar ham tajribada kuzatildi.

Quyidagi jadvalda og'ir kvarklarning xarakteristikalarini keltiramiz.

5 - jadval

Kvark	J	η_P	B	T	T_3	Y	s	c	B_c	T_c	q
c	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$+\frac{4}{3}$	0	+1	0	0	$+\frac{2}{3}$
b	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{2}{3}$	0	0	+1	0	$-\frac{1}{3}$
t	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$+\frac{4}{3}$	0	0	0	0	$+\frac{2}{3}$

Barcha kvarklar massalari Particle Data Group jadvalarida keltirilgan:

$$m_u = 1,5 \div 5 \text{ MeV}, \quad m_c = 1,1 \div 1,4 \text{ GeV}$$

$$m_d = 3 \div 9 \text{ MeV}, \quad m_s = 4,1 \div 4,4 \text{ GeV}$$

$$m_t = 60 \div 170 \text{ MeV}, \quad m_b = 173,8 \pm 5,2 \text{ GeV}$$

Shunday qilib, hozirda oltita kvark va ularning antikvarklari orqali barcha adronlar tuzilishini tushuntirish mumkin. Shu sababli $SU(4)$ -, $SU(5)$ - va $SU(6)$ -simmetriya gruppallari mavjud. Ya'ni, bu yerda 6 kvarklar soni yoki T_3, S, C, B_A, T_A -aromat (xushbo'ylik) kvant sonlari bo'lib T_3 , u - va d -kvarklar uchun mos holda $+\frac{1}{2}$ va $-\frac{1}{2}$ qiymatlar qabul qiladi. Bu yerda, B_A - va T_A - go'zallik va haqiqiylik (s -g'alatilik va c -maftunkorlik kvant sonlari kabi) kvant sonlari bo'lib ularni B -barion va T -izospin bilan almashtirmaslik uchun indeks bilan yozdik. Endi kvarklarning bir-biri bilan o'zaro ta'sirini qaraymiz. Ular o'zaro glyuonlar bilan bog'langan bo'lib, kvarklar esa uch xil rangli holatda bo'lishadi. Shu sababli glyuonlar o'zaro kuchli ta'sir tashuvchilari hisoblanib, ular 8 xil rangli kombinatsiyada mavjud bo'lishadi.

$$R\bar{G}, G\bar{R}, R\bar{B}, B\bar{R}, G\bar{B}, B\bar{G}, \sqrt{\frac{1}{2}}(R\bar{R} - G\bar{G}), \sqrt{\frac{1}{6}}(R\bar{R} + G\bar{G} - 2B\bar{B})$$

Ya'ni, glyuonlar $SU_c(3)$ -simmetriya gruppasining rangli oktetini tashkil qiladi. Lekin $\sqrt{\frac{1}{3}}(R\bar{R} + B\bar{B} + G\bar{G})$ kombinatsiya $SU_c(3)$ -singlet bo'lib, rangli kvarklar orasidagi ta'sir tashuvchi vazifasini o'tamaydi. Shunday qilib, kuchli o'zaro ta'sirning ta'sir tashuvchilari soni 8 ta glyuondan iborat ekan. Shu o'rinda eslatib o'tamiz. Haqiqiy o'zaro kuchli ta'sir kvarklar orasida sodir bo'ladi. Nuklonlarni yadroda ushlab turuvchi pion kuchlari esa ushbu glyuon kuchlarining yadro mashtabidagi "qoldig'i" hisoblanadi. Shu sababli ham o'zaro kuchli ta'sir doimiysi ta'sir masofasiga qarab $-\alpha_s = 0,1 \div 10$ gacha oraliqda o'zgaradi.

Endi kvarklar nuqtai - nazaridan qaraganda hozirgi zamon elementar zarralar klassifikatsiyasi juda oddiy ko'rinishga kelishini ko'ramiz.

6 - jadval

Elementar zarralar		
Leptonlar	Kvarklar	Ta'sir tashuvchilar
$(e^-), (\mu^-), (\tau^-)$ antileptonlar	$(u), (s), (t)$ antikvarklar	8g - glyuonlar γ -foton W^\pm, Z^0 bozonlar G - graviton
$(e^+), (\mu^+), (\tau^+)$ antileptonlar	$(\bar{u}), (\bar{s}), (\bar{t})$ antikvarklar	

Bu jadvalga ko'ra, elementar zarralar asosan ikkiga, leptonlar va kvarklarga bo'linadilar. Leptonlar va kvarklar oltita xushbo'ylikka ega va ular uchta (avlod yoki oilaga) juftlikka bo'linadilar. Bu juftliklarga avlodlar deyiladi. Hozirgi paytda bu jadval elementar zarralar olamidagi barcha xilma - xillikni to'liq tushuntirib bera oladi [1].

XULOSA O'RNIDA. MATERIYA TO'GRISIDAGI ZAMONAVIY QARASHLAR

Xulosa sifatida biz yuqorida qarab chiqqan elementar zarralar to'g'risidagi barcha ma'lumotlarni qisqacha ko'rinishda izohlab o'tamiz.

1. Barcha moddalar yadro va uning atrofida mavjud bo'lgan elektron qobig'lardan tashkil topgan atomlardan tuzilgan. Ularning o'lchami $\approx 10^{-10} m$.

a) elektron qobig' moddaning barcha kimyoviy va fizik xususiyatlarini belgilaydi.

b) atom yadrosi har bir kimyoviy element individualligini belgilovchi mustahkam birikma. U proton va neytronlardan tuzilgan bo'lib, uch xil yadroviy jarayonlarda va ko'plab yadro reaksiyalarida qatnashadi.

2. Protonlar, neytronlar va elektronlar barcha moddalarni hosil qiluvchi asosiy "g'ishtlar" hisoblanadi. Bu uchala zarra foton, neytrinolar va antineytrinolar bilan qo'shilib asosiy elementar zarralarni tashkil qiladi. Qolgan barcha elementar zarralar nostabil hisoblanib, tezlatkichlarda yoki koinot nurlarining Yer atmosferasi elementlari yoki moddalar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida hosil bo'ladi. Ularning umumiy soni 400 dan ortiq.

3. Elementar zarralarning asosiy xususiyati ularning o'zaro bir-biriga aylanishidir. Bu o'zaro aylanishlar asosan uch xil o'zaro ta'sir: kuchli,

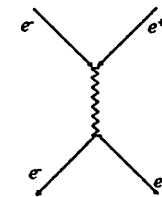
elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlar orqali sodir bo'ladi. To'rtinchi o'zaro ta'sir - gravitatsion ta'sir esa elementar zarralar dunyosida juda kuchsiz, e'tiborga olmasa ham bo'ladigan darajada namoyon bo'ladi.

4. Barcha elementar zarralar o'zaro kuchli ta'sirda qatnashuvchilarga - adronlarga va bu ta'sirda qatnashmaydigan - foton, oraliq bozonlar va leptonlarga bo'linadilar.

5. Foton va leptonlar $\approx 10^{-18}m$ masofagacha o'z ichki strukturasi ega emas. Adronlar esa strukturaga ega.

6. O'zaro ta'sir tashuvchilar - $\gamma, W^\pm, Z^0, 8g$ va G -graviton bo'lib, ular haqiqiy elementar zarralar hisoblanadi. Ular birlik spinga va manfiy juftlikka ega: $J^P = 1^-$ faqat graviton uchun $J^P = 2^+$.

7. Elektromagnit o'zaro ta'sir tashuvchisi - γ - foton bo'lib, uning nazariyasi kvant elektrodinamikasi hisoblanadi. Zaryadlangan yoki alohida ichki strukturaga ega bo'lgan neytral zarralar fotonlar chiqarib, yutib yoki foton almashib bu o'zaro ta'sirda qatnashadi. Foton massasi nolga tengligi sababli bu ta'sir masofasi $r = \infty$ va intensivligi $\alpha \approx 1/137$ katta bo'lganligi sababli megadunyo, makrodunyo va mikrodunyo o'lchamlarida ham bu elektromagnit ta'sir kuchli namoyon bo'ladi. Atom va molekulalar shu o'zaro ta'sir sababli mavjud, ya'ni yadro va elektronlar orasidagi ta'sir elektromagnit ta'sirdir. Elastiklik, ishqalanish, sirt taranglik kabi kuchlar ham elektromagnit ta'sirning ko'rinishlaridir. Moddalarning agregat holatlari, kimyoviy o'zgarishlar, elektr, magnit va optik hodisalar ham elektromagnit ta'sir sabablidir. Chunki yorug'likning o'zi ham elektromagnit to'liqdir. Endi ta'kidlab o'tganimizdek, elementar zarralar bilan bo'ladigan elektromagnit ta'sir mexanizmini qaraymiz. Oddiy elektromagnit ta'sirni qarasaq, bu zaryadlangan zarra tomonidan fotonning yutilishi yoki chiqarilishidir. Bir elektron tomonidan chiqarilgan foton boshqasi tomonidan yutilishi mumkin. Bunday jarayon virtual jarayon deyiladi. Ya'ni, real zarra hosil bo'lmaydi. Oraliq zarraga esa virtual zarra deyiladi. Zaryadlangan zarra(elektron)ning foton bilan o'zaro ta'siri $H_{y.m} = j_\mu \cdot A^\mu$ kabi ifodalanadi. Bu yerda $j_\mu(p, \vec{j})$ - elektron toki, A^μ - elektromagnit maydon 4 - potentsiali. Jarayonning grafik ko'rinishda ifodalanishiga Feynman diagrammasi deyiladi. Bu usul 1949 - yili amerikalik fizik R.Feynman tomonidan ishlab chiqilgan.



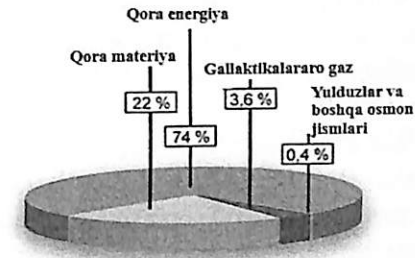
8. Kuchsiz o'zaro ta'sir tashuvchilari - W^\pm - va Z^0 - oraliq bozonlardir. Bu oraliq bozonlar bilan zarralar almashinishganda o'z xushbo'yiligini o'zgartiradi. Bu oraliq bozonlar faqat kuchsiz va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda qatnashadi. Bu o'zaro ta'sir juda kichik $\approx 10^{-17}m$ ta'sir radiusiga ega. Shuni ta'kidlab o'tamizki, bu masofa kuchli o'zaro ta'sir masofasiga qaraganda ham ikki tartib kichikdir. Shu sababli bu ta'sir faqat elementar zarralar olamida sodir bo'ladi. Kuchsiz o'zaro ta'sirning gamiltoniani $H = \frac{G_F}{\sqrt{2}} j^+ j^-$ ko'rinishida ifodalanadi. Bu yerda, j^- - tok lepton va adron toklari yig'indisidan iborat. $j = j_{lep} + j_{adr}$, $G_F = 10^{-5} / m_p^2$ - Fermi doimiysi. G_F - universaldir, ya'ni leptonlar va adronlar uchun bir xil konstanta o'rinli. Shu sababli ham o'zaro kuchsiz ta'sir universaldir. Kuchsiz tok ($V-A$)-strukturaga ega. Shunda ikki tok ko'paytmasi skalyar va psevdoskalyar kattaliklarni hosil qiladi. Shu sababli ham o'zaro kuchsiz ta'sirda gamiltonianning skalyar qismi hisobidan juftlik saqlanadi, psevdoskalyar qismi hisobidan esa juftlik buziladi. Kuchsiz o'zaro ta'sirning kichik masofada sodir bo'lishi bu ta'sir tashuvchilari - W^\pm va Z^0 -oraliq bozonlar massalarining kattaligidan dalolat beradi, ya'ni, $m_W \approx 80 \text{ GeV}$, $m_Z \approx 90 \text{ GeV}$.

9. Kuchli o'zaro ta'sirda bevosita faqat kvarklar qatnashadi. Ta'sir tashuvchilari sifatida 8 ta massasi va elektr zaryadi nolga teng, rang va antirang tashuvchi glyuonlar ishtirok etadi. Kvarklar o'zaro glyuon almashib, o'z rangini o'zgartiradi, lekin xushbo'yiligini o'zgartirmaydi. Glyuonlarning o'zi faqat kuchli o'zaro ta'sirda qatnashadi. Bu o'zaro ta'sirning ta'sir masofasi $\approx 10^{-15} m$, ta'sir vaqti $\approx 10^{-22} - 10^{-23} s$. Yadro kuchlari kuchli o'zaro ta'sirning katta masofalarda namoyon bo'lishidir. Kuchli o'zaro ta'sir nazariyasi kvant xromodinamikasi - KXD deb nomlanadi (elektromagnit o'zaro ta'sirning nazariyasi - kvant elektrodinamikasi (KED) kabi). Bu yerda, "xromo" so'zi rang degan ma'noni anglatadi. Bu nazariyaning asoslari qurilgan, lekin haligacha tugallangan nazariya ko'rinishida shakllanmagan. Kvarklar kichik masofalarda kuchsiz ta'sirlashadilar yoki deyarli ta'sirlashmaydilar. Ularning bu xususiyatiga *assimptotik erkinlik* deyiladi. Katta masofalarda esa ularning bir - biriga tortilishi oshib boradi, natijada ular o'zaro bog'langan holatidan erkin holatga o'ta olmaydi, ya'ni, erkin kvarklar

kuzatilmaydi. Bu xususiyatga - *konfaynment* - “qamoq”, ya’ni kvarklar va glyuonlarni adronlar doirasida ushlab turish, ularning erkin holatda kuzatib bo’lmaslik hodisasi deyiladi. Ularning mavjudligini faqat bilvosita isbotlash mumkin.

10. Biz yuqorida Olam 4 unsur (havo, suv, tuproq, va olovdan) va bo’linmas (g’ishtlar) atomlardan tuzilgan degan dastlabki falsafiy ta’limotlardan Elementar zarralar fizikasining eng so’ngi yutuqlarigacha bo’lgan tarixiy taraqqiyotni tahlil qilib chiqdik. Lekin, o’tgan asrning 30 – yillaridan boshlab astrofiziklar o’z kuzatuvlari natijasida Olamda ko’zga ko’rinmaydigan obyektlar ham mavjudligini bashorat qila boshlashdi. Bunga osmondagi yulduzlar, planetalar va boshqa ko’zga ko’rinuvchi osmon jismlari massalarini e’tiborga olib, osmon sferasining aylanishi bilan qiyoslanganda uning kuzatiladigan tezligiga qaraganda ancha tezroq aylanishi kerakligi kelib chiqishi ma’lum bo’lgan. Shu sababli Olamda optik diapazonda kuzatilmaydigan, ko’zga ko’rinmas osmon jismlari ham mavjudligi, bu yashirin massa osmon sferasining hozirda kuzatilayotgan aylanish tezligini ta’minlaydi degan xulosaga kelishgan. Bu yashirin massa fanda “Qora materiya” tushunchasining paydo bo’lishiga olib keldi. Hozirda Qora materiyaga qora tuynuk, vimp (Weak Interaktive Massive Particles, ya’ni, kuchsiz o’zaro ta’sirlashuvchi og’ir zarralar) zarralar kabi qora materiyaga nomzod zarralar eksperimentlarda qidirilmoqda. Keyinchalik o’tgan asrning 80 – yillarida Koinotning kengayishi Xabbl qonuni bo’yicha emas, balkim Koinot tezlanish bilan kengayayotgani ma’lum bo’ldi. Shu sababli fanga “Qora energiya” tushunchasi kiritildi. Bu yerda Qora energiya biz tushungan energiya ma’nosida emas. Qora energiya deganda faqat antigravitatsion o’zaro ta’sirlashivchi bizga noma’lum zarralar tushuniladi. Bu zarralar bir – biridan antigravitatsion o’zaro ta’sir natijasida uzoqlashishi sababli Olamning tezlanish bilan kengayishi sodir bo’lmoqda deb tushuntiriladi. Hozirda Qora energiya tabiati to’g’risida turli bahslar mavjud. Uning bir tekis taqsimlanganligi va past zichlikka egaligi ma’lum. Oddiy materiya bilan sezilarli darajada ta’sirlashmaydi. Ma’lum 4 ta fundamental o’zaro ta’sirdan faqat antigravitatsion ta’sirda qatnashadi. Qora energiya zichligi uncha katta emas, taxminan 10^{-29} g/sm³ ni tashkil qiladi. Qora energiyaning Koinotga katta ta’sir ko’rsatishi uning bo’shliqni bir xil darajada to’ldirishi bilan izohlanadi. Qora energiyaga nomzod zarralar hozirda eksperimentlarda qidirilmoqda. Eng so’ngi yangilik, 2016–yil 11–fevralda LIGO va VIRGO kollaborasiyalari tomonidan gravitatsion to’lqinlarning tajribada kuzatilganligi e’lon qilindi. Natijada hozirda elementar zarralar deganda

biz yuqorida qarab chiqqan zarralardan tashqari qora materiya, qora energiya va gravitatsion to’lqinlar ham tushuniladi. Chunki, Olamning tarkibi elementar zarralardan tuzilgan moddalar, qora materiya, qora energiya va uni to’ldirib turuvchi gravitatsion to’lqinlardan iborat. So’nggi tadqiqotlar Olamning tarkibi quyidagicha ekanligini ko’rsatmoqda:



Hozirda Qora materiya, Qora energiya va gravitatsion to’lqinlar tabiati eksperimentlarda intensiv tadqiq qilinmoqda.

ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI BO'YICHA TALABALAR BILIMINI BAHOLASHGA YO'NALTIRILGAN SAVOLLAR

1. Elementar zarra deganda nimani tushunasiz?
2. Nega "elementar" so'zi ishlatiladi?
3. Elementar zarralardan qaysilarini bilasiz?
4. Elementar zarralarga xos bo'lgan umumiy xususiyat nimadan iborat?
5. Turmushda, texnikada qaysi jarayonlarda elementar zarralarga duch kelamiz?
6. Olam tuzilishi bilan elementar zarra orasida bog'liqlik bormi?
7. Elementar zarralar fizikasi deganda qanday hodisa va jarayonlarni ko'z oldingizga keltirasiz?
8. Qanday kattaliklar zarralarni xarakterlaydi?
9. Elektron to'g'risida nimalarni bilasiz?
10. Neytron qanday zarra?
11. Proton qanday zarra?
12. Barionlar qanday zarralar?
13. Leptonlar qanday zarralar?
14. Leptonlarning qanday turlarini bilasiz?
15. Foton zarrami?
16. Zarra va antizarra deganda nimani tushunasiz?
17. Zarra o'zining antizarrasi bilan to'qnashganda qanday hodisa ro'y beradi?
18. Zarralar orasida qanday fundamental o'zaro ta'sir turlari mavjud?
19. Kuchli o'zaro ta'sirlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
20. Kuchsiz o'zaro ta'sirlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
21. Elektromagnit o'zaro ta'sirlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
22. Gravitatsion o'zaro ta'sirlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
23. Ta'sir tashuvchilar deganda nimani tushunasiz?
24. Atom qanday tuzilgan?
25. Atom qaysi o'zaro ta'sir sababli mavjud?
26. Atomning xarakterli o'lchovi qanday?
27. Atom elementar zarrami? Yadrochi?
28. Yadro tuzilishi to'g'risida nimalarni bilasiz?
29. Yadroning o'lchami to'g'risida nimani bilasiz?
30. Biror yadrodagi protonlar va neytronlar sonini qanday aniqlash mumkin?
31. Radioaktiv elementlar to'g'risida nimalarni bilasiz?
32. Kimyoviy elementlar bir – biridan nimalari bilan farq qiladi?

33. Antizarra deganda nimani tushunasiz?
34. Zarra spini deganda nimani tushunasiz?
35. Fizikada simmetriya tushunchasini qanday izohlaysiz?
36. Elementar zarralar fizikasidagi saqlanish qonunlari fizikaning boshqa bo'limlaridagi saqlanish qonunlaridan nimasi bilan farqlanadi?
37. Elementar zarralar fizikasidagi saqlanish qonunlarini tushuntiring.
38. Absolyut saqlanuvchi qonunlar deganda nimani tushunasiz?
39. Taqribiy saqlanuvchi qonunlar deganda nimani tushunasiz?
40. Zarralarning elektr zaryadi to'g'risida nimalarni bilasiz? Masalan: elektron, proton, neytron, foton, neytrino.
41. Quyidagi ob'yektlarni o'lchami ortib borish tartibida joylashtiring: elektron, molekula, yadro, proton, neytron, atom, neytrino.
42. Mezonlar qanday zarralar?
43. Rezonanslar deb qanday zarralarga aytiladi?
44. Kvarklar to'g'risida nimalar bilasiz?
45. Kvarklarning qanday turlari (xushbo'yliklari) mavjud?
46. Kvarklar birlashib qanday zarralarni hosil qiladi?
47. Qanday zarralar kvarklardan tuzilgan?
48. Glyuonlar deganda nimani tushunasiz?
49. Elementar zarralar olamida glyuon qanday o'rin tutadi?
50. Glyuonlarning rangi deganda nimani tushunasiz?
51. Fazoviy juftlik deganda nimani tushunasiz?
52. Zarralar tezlatkichlari to'g'risida nimalarni bilasiz?
53. Tezlatkichlar bizga nima beradi?
54. Angstrom o'lchov birligi qanday ob'yekt o'lchamiga nisbatan qabul qilingan?
55. Fermi o'lchov birligi qanday ob'yekt o'lchamiga nisbatan qabul qilingan?
56. Materiya va uning ko'rinishlari to'g'risida nimalarni bilasiz?
57. Olam va uning tuzilishi to'g'risida nimalar bilasiz?
58. Mikroolam qanday o'lchamdagi hodisalarni o'rganadi?
59. Makrodunyo deganda nimani tushunasiz?
60. Megadunyo deganda nimani tushunasiz?
61. Assimptotik erkinlik nima?
62. Konfaynment hodisani qanday hodisa?
63. Koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?
64. Meditsinada ishlatiladigan qurilmalardan qaysilarida zarralardan foydalaniladi?

65. Meditsinada ishlatiladigan rentgen qurilmasida qanday zarradan foydalaniladi?
66. Qora materiya deganda nimani tushunasiz?
67. Qora energiya deganda nimani tushunasiz?
68. Gravitatsion to'liqin haqida nimalarni bilasiz?
69. Hozirgi kunda Olamning ko'rinishi qanday va u nimalardan tarkib topgan?
70. Olam tuzilishida Qora materiya, Qora energiya, gravitatsion to'liqin va elementar zarralar qanchadan ulushga ega?

NAZARIY MA'LUMOTLARNI MUSTAHKAMLASHGA YO'NALTIRILGAN TESTLAR

1. Elementar zarra deganda qadimgi faylasuflar nimani tushunishgan?

- A. Olamning eng kichik bo'linmas bo'lgan zarra – atomni. Borliq ushbu atomlardan iborat deb qaralgan.
- B. Olov, suv, havo va tuproqni
- C. Protonni
- D. Elektronni

2. Elementar zarra deganda nimani tushunasiz?

- A. Strukturaga ega bo'lmagan zarrani
- B. O'zidan mayda zarraga bo'linmaydigan zarrani
- C. Kvarklarni
- D. Leptonlarni

3. Zarralarning klassifikatsiyasini tushuntiring.

- A. Zarralar o'zaro ta'sirlarda qatnashishiga qarab adronlar, leptonlar va o'zaro ta'sir tashuvchilarga bo'linadi
- B. Zarralar yashash vaqtiga qarab absolyut stabil, stabil va rezonans zarralarga bo'linadi
- C. Zarralar spiniga qarab fermionlar va bozonlarga bo'linadi
- D. Zarralar o'zaro ta'sirlarda qatnashishiga qarab adronlar, leptonlar va o'zaro ta'sir tashuvchilarga, yashash vaqtiga qarab esa absolyut stabil, stabil va rezonans zarralarga, spiniga qarab fermionlar va bozonlarga bo'linadi

4. Adronlarga ta'rif bering.

- A. Barcha o'zaro ta'sirlarda, shu jumladan, kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashadigan zarralar adronlar deb ataladi
- B. Latincha "hadros" so'zidan olingan bo'lib, "kuchli", "katta" ma'nosini anglatadi
- C. Kuchli o'zaro ta'sirda qatnashmaydigan zarralar adronlar deyiladi
- D. Latincha "hadros" so'zidan olingan bo'lib, "kuchli", "katta" ma'nosini anglatib, barcha o'zaro ta'sirlarda, shu jumladan, kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashadigan zarralar adronlar deb ataladi

5. Leptonlar qanday zarralar?

- A. Barcha o'zaro ta'sirlarda, shu jumladan, kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashadigan zarralar leptonlar deb ataladi
- B. Lotincha "lepton" so'zidan olingan bo'lib, "yengil", "yupqa" ma'nosini anglatib, ular elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarda qatnashadi
- C. Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarda qatnashuvchi zarralarga aytiladi
- D. Strukturaga ega bo'lmagan zarralarga aytiladi

6. Fundamental o'zaro ta'sir turlarini sanang.

- A. Kuchli, kuchsiz, elektromagnit va gravitatsion
- B. Elektr, magnit, ishqalanish va gravitatsion
- C. Tabiatdagi barcha kuchlar
- D. Kuchli, kuchsiz, elektr, ishqalanish

7. Zarralar xarakteristikalarini deganda nimani tushunasiz?

- A. Har bir zarraning individualligini ta'minlaydigan kattaliklarni
- B. Zarraning massasi, yashash vaqti, spini, izospini kabi kattaliklarni
- C. Zarrani xarakterlaydigan kvant sonlarini
- D. Zarraning nomi va belgilanishini

8. Fizikada simmetriya deganda nimani tushunasiz?

- A. Simmetriya deganda jarayonlar sodir bo'ladigan fazo (geometrik va ichki) va vaqtning biror bir xususiyatining har qanday almashtirishlarda ustma – ust tushishini, ya'ni bu xususiyatning o'zgarmasligini
- B. Biror bir geometrik figuraning nuqtaga, to'g'ri chiziqqa yoki tekislikka nisbatan almashtirishda ustma – ust tushishini
- C. Jism va uning ko'zgudagi aksining ustma – ust tushishini
- D. O'ng va chapning ustma – ust tushishini

9. Simmetriya natijasida yuzaga keladigan saqlanish qonunlarining klassik va kvant fizikasidagi farqini tushuntiring

- A. Klassik fizikada amal qiladigan saqlanish qonunlari absolyut xarakterga ega bo'lib, ular har qanday o'zaro ta'sirda saqlanadi
- B. Kvant fizikasida amal qiladigan saqlanish qonunlari taqribiy xarakterga ega bo'lib, ular ayrim o'zaro ta'sirda saqlanadilar, ayrimlarida buziladi
- C. Hech qanday farqi yo'q

D. Klassik fizikada amal qiladigan saqlanish qonunlari absolyut xarakterga ega bo'lib, ular har qanday o'zaro ta'sirda saqlanadi, kvant fizikasida amal qiladigan saqlanish qonunlari taqribiy xarakterga ega bo'lib, ular ayrim o'zaro ta'sirda saqlanadilar, ayrimlarida buziladi

10. Zarralar fizikasidagi saqlanish qonunlarini izohlang

- A. Zarralar fizikasida klassik fizikada amal qiladigan saqlanish qonunlaridan tashqari bu sohaning o'ziga xos saqlanish qonunlari ham amal qiladi
- B. Zarralar fizikasida saqlanish qonunlari taqribiy xarakterga ega bo'lib, ular ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanadilar, ayrimlarida esa buziladi
- C. Zarralar fizikasida saqlanish qonunlari son jihatdan klassik fizikadagidan ko'p
- D. Keltirilgan javoblarning barchasi bir – birini to'ldiradi va umumiy holda barchasi to'g'ri

11. Almashtirishlar deganda nimani tushunasiz?

- A. Ma'lum qonuniyat yordamida amalga oshiriladigan o'zgartirishlar tushuniladi. Odatda bunday almashtirishlar yordamida bir koordinatalar sistemasidan ikkinchisiga o'tiladi yoki boshqa o'zaro o'tishlar bajariladi.
- B. Almashtirishlar deganda biror jarayonning oynadagi aksiga, zarralar qatnashgan jarayonning antizarralar qatnashgan jarayonga yoki to'g'ri jarayonning teskari jarayonga o'tishiga olib keladigan almashtirishlar tushuniladi
- C. Zarralar fizikasida almashtirishlar bajarilmaydi
- D. Ma'lum qonuniyat yordamida amalga oshiriladigan o'zgartirishlar tushuniladi. Odatda bunday almashtirishlar yordamida bir koordinatalar sistemasidan ikkinchisiga o'tiladi yoki boshqa o'zaro o'tishlar bajariladi. Shu jumladan biror jarayonning oynadagi aksiga, zarralar qatnashgan jarayonning antizarralar qatnashgan jarayonga yoki to'g'ri jarayonning teskari jarayonga o'tishiga olib keladigan almashtirishlar ham tushuniladi

12. P – almashtirish deganda nimani tushunasiz?

- A. $x \rightarrow -x$ qonuniyat yordamida amalga oshiriladigan o'zgartirishlar tushuniladi. Odatda bunday almashtirishlar yordamida jarayonning ko'zgudagi aksiga, ya'ni ko'zgudagi jarayonga o'tiladi. P – simmetriya

bajarilishi uchun real va ko'zgudagi jarayonlar bir xil ehtimollik bilan sodir bo'lishi kerak.

B. P – almashtirishlar deganda biror jarayonning oynadagi aksiga, zarralar qatnashgan jarayonning antizarralar qatnashgan jarayonga yoki to'g'ri jarayonning teskari jarayonga o'tishiga olib keladigan almashtirishlar tushuniladi

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. P – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

13. C – almashtirishni tushuntiring.

A. $CX \rightarrow \bar{X}$ qonuniyat yordamida amalga oshiriladigan, ya'ni zarrani antizarraga almashtiruvchi o'zgartirishlar tushuniladi. Odatda bunday almashtirish yordamida zarralar qatnashgan jarayon antizarralar qatnashgan jarayonga aylanadi. C – simmetriya bajarilishi uchun real va bu jarayondagi zarralarning antizarralarga aylangan jarayoni bilan bir xil ehtimollikda sodir bo'lishi kerak.

B. C – almashtirishlar deganda biror jarayonning oynadagi aksiga, zarralar qatnashgan jarayonning antizarralar qatnashgan jarayonga yoki to'g'ri jarayonning teskari jarayonga o'tishiga olib keladigan almashtirishlar tushuniladi

C. C – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. C – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

14. T – almashtirishni tushuntiring.

A. T – almashtirishda $t \rightarrow -t$ ga o'zgaradi, ya'ni biror jarayon vaqtga nisbatan teskari jarayonga aylanadi, go'yoki vaqt teskari yo'nalishda o'tadi

B. T – almashtirishda biror jarayon oynadagi aks jarayonga aylanadi

C. T – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. T – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi. T – almashtirishda $t \rightarrow -t$ ga o'zgaradi, ya'ni biror jarayon vaqtga nisbatan teskari jarayonga aylanadi, go'yoki vaqt teskari yo'nalishda o'tadi

15. CPT – teoremaning mohiyati nima?

A. Biror jarayonga nisbatan ketma – ket bajarilgan C -, P -, T – almashtirishlardan yuzaga kelgan yangi jarayon dastlabki jarayon bilan teng ehtimollikda sodir bo'lishi CPT – teoremaning mazmunini tashkil etadi

B. P – almashtirishdan hosil bo'lgan jarayon buzilishi C – almashtirish natijasida tiklanadi. Lekin shunday jarayonlar borki P - va C - almashtirishlardan keyin ham dastlabki jarayon bilan bir xil ehtimollikda sodir bo'lmaydi. Shu sababli bu jarayonga yana T – almashtirishni qo'llasak hosil bo'lgan jarayon dastlabki jarayon bilan bir hil ehtimollikda sodir bo'ladi

C. Hozirgi paytda ketma – ket P -, C -, va T -almashtirishlardan so'ng hosil bo'lgan jarayonning dastlabki jarayon bilan bir xil ehtimollikda sodir bo'lishidan chetlanish kuzatilmagan. Shu sababli CPT - teorema postulat ko'rinishida qabul qilingan

D. Barcha javoblar ichida CPT – teoremaning mohiyati ochib berilgan

16. P – juftlikni tushuntiring.

A. $x \rightarrow -x$ qonuniyat yordamida amalga oshiriladigan o'zgartirishda hosil bo'lgan jarayonlar tushuniladi. Odatda bunday almashtirishlar yordamida jarayonning ko'zgudagi aksiga, ya'ni ko'zgudagi jarayonga o'tiladi. P – juftlik bajarilishi uchun real va ko'zgudagi jarayonlar ustma – ust tushishi kerak.

B. P – almashtirishlar deganda biror jarayonning oynadagi aksiga, zarralar qatnashgan jarayonning antizarralar qatnashgan jarayonga yoki to'g'ri jarayonning teskari jarayonga o'tishiga olib keladigan almashtirishlar tushuniladi

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. P – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

17. Fazoviy juftlikning buzilishini tushuntiring.

A. Kobalt 60 elementi beta parchalanishida hosil bo'layotgan elektronlar kobalt yadrosi spini yo'nalishida boshqa yo'nalishlarga qarganda taxminan 40 % ko'proq uchub chiqadi. Bu holat fazoning izotrop emasligini bildirmaydi va zarralarning ichki xususiyatidir. Bu jarayon hamda uning ko'zgudagi aksining ustma – ust tushmasligi fazoviy juftlikning buzilishini bildiradi.

B. P - almashtirishda biror jarayonning oynadagi aksi bir xil ehtimollik bilan amalga oshmasa fazoviy juftlik buzilgan bo'radi

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. P – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

18. Proton boshqa zarralarga parchalanmaydi. Uni elementar zarra deyish mumkinmi?

A. Yo'q, chunki uning parchalanmasligi barion zaryadi saqlanish qonuni bajarilishi sababli. Aslida proton kvarklardan tarkib topgan

B. Ha, mumkin.

C. Yo'q, chunki uning parchalanmasligi lepton zaryadi saqlanish qonuni bajarilishi sababli. Aslida proton kvarklardan tarkib topgan

D. Yo'q, chunki uning parchalanmasligi elektr zaryadi saqlanish qonuni bajarilishi sababli. Aslida proton kvarklardan tarkib topgan

19. Barion zaryadi (soni) ning saqlanish qonunini izohlang.

A. Zarralar bilan bo'ladigan har qanday jarayonda barion zaryadi (soni) o'zgarmasdan qoladi. Barcha turdagi o'zaro ta'sirlarda bu qonun bajariladi

B. Barion zaryadi (soni) saqlanish qonuni eng yengil barion bo'lgan protonning absolyut stabilligini tushuntirish maqsadida kiritilgan. Agar u parchalanadigan bo'lsa barion hosil bo'lmasligi kerak. Lekin bunday parchalanish umuman kuzatilmaydi

C. Barion zaryadi izospinning 3 – proyeksiyasi – T_3 , S – g'alatilik kvant soni va C – maftunkorlik kvant sonlari bilan birgalikda zaryad kvant sonlarini tashkil qiladi

D. Barion zaryadi, S – g'alatilik kvant soni va C – maftunkorlik kvant sonlari yig'indisi giperzaryad deb ataladi

20. Lepton zaryadi (soni) saqlanish qonunini izohlang.

A. Zarralar bilan bo'ladigan har qanday jarayonda lepton zaryadi (soni) o'zgarmasdan qoladi. Barcha turdagi o'zaro ta'sirlarda bu qonun bajariladi

B. Lepton zaryadi (soni) saqlanish qonuni eng yengil lepton bo'lgan elektronning absolyut stabilligini tushuntirish maqsadida kiritilgan. Agar u parchalanadigan bo'lsa lepton hosil bo'lmasligi kerak. Lekin bunday parchalanish umuman kuzatilmaydi

C. Lepton zaryadi (soni) har bir avlod (oila) leptonlar uchun alohida saqlanadi

D. Zarralar bilan bo'ladigan har qanday jarayonda lepton zaryadi (soni) o'zgarmasdan qoladi. Barcha turdagi o'zaro ta'sirlarda bu qonun bajariladi. Lepton zaryadi (soni) saqlanish qonuni eng yengil lepton bo'lgan elektronning absolyut stabilligini tushuntirish maqsadida kiritilgan. Agar u parchalanadigan bo'lsa lepton hosil bo'lmasligi kerak. Lekin bunday parchalanish umuman kuzatilmaydi. Lepton zaryadi (soni) har bir avlod (oila) leptonlar uchun alohida saqlanadi

21. Elektromagnit o'zaro ta'sir sababli mavjud bo'lgan tuzilmalarga misol keltiring.

A. Kuchli o'zaro ta'sir sababli nuklonlar o'zaro birikib atom yadrolarini, kvarklar o'zaro birikib adronlarni hosil qiladilar

B. Elektromagnit o'zaro ta'sir sababli yadrolar elektronlar bilan o'zaro ta'sirlashib atomlarni, atomlar o'zaro ta'sirlashib molekullarni hosil qiladilar

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. P – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

22. Absolyut stabil zarralarni tushuntiring.

A. Elektron, proton, foton, va uch turdagi neytrinolar – jami 6 tur zarralar absolyut stabil zarralardir. Hozirda ularning biror bir boshqa zarralarga parchalanganligi kuzatilmagan

B. Leptonlar absolyut stabil zarralardir

C. Mezonlar absolyut stabil zarralardir

D. Barionlar absolyut stabil zarralardir

23. Elementar zarralarning kvant tabiatini izohlang.

A. Elementar zarralar kvant tabiati deganda ularni xarakterlovchi kattaliklarning klassik fizikadagidek uzliksiz emas, balki uzlukli, ya'ni diskret qiymat qabul qilishi tushuniladi. Masalan: zaryad, spin, izotopik spin, g'alatilik va maftunkorlik kvant sonlari, massalari diskret qiymatlarni qabul qiladi

B. Elementar zarralar olamida klassik fizikada amal qiladigan qonunlar amal qilmaydi

C. Elementar zarralar fizikasida kvant fizika qonunlari amal qiladi

D. Elementar zarralar fizikasida Nyuton mexanikasi qonunlari amal qiladi

24. Zarrani xarakterlovchi kvant sonlarini sanang

A. Har qanday zarra massa, elektr zaryad, izotopik spin, izotopik spin proyeksiyasi, barion zaryadi(soni), lepton zaryadi(soni), g'alatilik kvant soni, maftunkorlik kvant soni, juftligi kabi kvant sonlari bilan xarakterlanadi

B. Zarrani xarakterlovchi massa, elektr zaryad, izotopik spin proyeksiyasi, barion zaryadi, lepton zaryadi kabi kvant sonlar har qanday o'zaro ta'sirda saqlanadi

C. Zarrani xarakterlovchi massa, elektr zaryad, izotopik spin proyeksiyasi, barion zaryadi, lepton zaryadi kabi kvant sonlari ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib boshqalarida buziladi

D. Zarrani xarakterlovchi izotopik spin proyeksiyasi, barion zaryadi, lepton zaryadi kabi kvant sonlari ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib boshqalarida buziladi

25. Zarralarning holatini aniqlashdagi o'ziga xoslikni tushuntiring

A. Klassik fizikadagi ob'yektga o'xshab kvant fizikadagi ob'yekt – zarra holatini katta aniqlikda aniqlab bo'lmaydi. Zarralar holati ma'lum xatoliklar doirasidagina aniqlanishi mumkin. Bu tasdiq Geyzenbergning noaniqlik munosabati deyiladi va bunda xatolik chegarasi bo'lib Plank doimiysi xizmat qiladi

B. Zarra holatini klassik fizikadagi kabi katta aniqlikda bimalol aniqlayverish mumkin. Hech qanday muammo yo'q

C. Klassik fizikadagi ob'yektga o'xshab kvant fizikadagi ob'yekt – zarra holatini katta aniqlikda aniqlab bo'lmaydi. Zarralar holati ma'lum xatoliklar doirasidagina aniqlanishi mumkin. Bu tasdiq Geyzenbergning noaniqlik munosabati deyiladi va bunda xatolik chegarasi bo'lib Ridberg doimiysi xizmat qiladi

D. Klassik fizikadagi ob'yektga o'xshab kvant fizikadagi ob'yekt – zarra holatini katta aniqlikda aniqlab bo'lmaydi. Zarralar holati ma'lum xatoliklar doirasidagina aniqlanishi mumkin. Bu tasdiq Geyzenbergning noaniqlik munosabati deyiladi va bunda xatolik chegarasi bo'lib Bolsman doimiysi xizmat qiladi

26. Adronlarni izohlang.

A. Adronlar kuchli o'zaro ta'sirda ham qatnashuvchi zarralar bo'lib, barionlar va mezonlarga bo'linadilar. Eng yengil barion proton va eng yengil mezon π^0 – mezon bo'lib, barion va mezonlarning turlari juda ko'pdir

B. Ξ -, Ω - giperonlar adronlardir

C. K-, D-, D_c - mezonlar adronlardir

D. ρ -, ω -, ϕ -mezonlar adronlardir

27. Kvarklarni tushuntiring.

A. Kvarklar nazariyasiga ko'ra adronlar elementar (strukturasisiz) zarralar emas. Ular kvarklar deb nomlanuvchi tashkil etuvchilardan tuzilgan. Ular: u (up – baland)-kvark, d (down – past)-kvark, s (strange – g'alati)-kvark, c (charmed – maftunkor)-kvark, t (top – cho'qqi)-kvark, b (botton – tub)-kvarklardir. Kvarklar glyuon (glue – kley, yelim)lar orqali o'zaro bog'lanadilar. Kvarklar spini $\frac{1}{2}$ ga teng bo'lib, ular fermionlardir. u-, c-, t –kvarklar zaryadi $+\frac{2}{3}e$ ga, d-, s-, b –kvarklar zaryadi $-\frac{1}{3}e$ ga teng

B. Kvarklarni erkin holda kuzatib bo'lmaydi. Kvarklar orasidagi masofa ortishi bilan ularning bir – biriga tortilishi kuchayadi. Bu hodisa konfaynment deyiladi

C. Yaqin masofada kvarklar deyarli ta'sirlashmaydilar. Bu hodisa asimptotik erkinlik deb ataladi

D. Javoblarning barchasi bir – birini to'ldiradi va to'g'ri

28. Adronlarning kvark strukturasi tushuntiring

A. Kvarklar nazariyasiga ko'ra, barionlar uchta kvark, antibarionlar uchta antikvarkdan, mezon va antimezonlar kvark – antikvarklardan tuzilgan

B. Kvarklar nazariyasiga ko'ra, barionlar ikkita kvarkdan, antibarionlar ikkita antikvarkdan, mezon va antimezonlar kvark va antikvarklardan tuzilgan

C. Kvarklar nazariyasiga ko'ra, barionlar kvark – antikvarklardan, mezonlar va antimezonlar ikkita kvark va antikvarklardan tuzilgan

D. Kvarlar nazariyasiga ko'ra, barionlar to'rtta kvarklardan, mezonlar va antimezonlar ikkita kvarklardan tuzilgan

29. Glyuonlar to'grisida nimalarni bilasiz?

- A. Glyuonlar 8 xil rang holatda mavjud
- B. Kvarklar uch xil rang – ko'k, yashil va qizil holatda bo'ladilar. Shu sababli rangli kvarklarni bog'lovchi glyuonlar ham rangli bo'lishadi. Kvarklar glyuon orqali o'z ranglarini o'zgartiradilar. Matematik gruppalashlar orqali hisoblasak 9 ta guruh tuzish mumkin bo'ladi. Shundan bittasi singlet holat bo'lib, bu holat kuzatilmaydigan holat deb hisoblanadi
- C. Rangli simmetriya deganda turli rangli glyuonlar bir xil kuchdagi bog'lanishni hosil qilishi tushuniladi. Ya'ni, kvarklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari glyuonlar rangiga bog'liq emas
- D. Kichik masofalarda glyuon kuchlari kuchsiz, katta masofalarda esa kuchayib boradi

30. Kuchli o'zaro ta'sir sababli mavjud bo'lgan tuzilmalarga misollar keltiring

- A. Kuchli o'zaro ta'sir sababli nuklonlar o'zaro birikib atom yadrolarini, kvarklar o'zaro birikib adronlarni hosil qiladi
- b. Kuchli o'zaro ta'sir sababli yadrolar elektronlar bilan o'zaro ta'sirlashib atomlarni, atomlar o'zaro ta'sirlashib molekullarni hosil qiladilar
- c. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi
- D. P – almashtirish deganda to'g'i jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

31. Zamonaviy zarralar fizikasida elementar zarralar deganda nimalar tushuniladi?

- A. Elementar zarra deganda biz bilgan elementar zarralardan tashqari qora materiya, qora energiya va gravitatsion to'liqlar ham tushuniladi
- B. Adronlar, leptonlar va o'zaro ta'sir tashuvchilar tushuniladi
- C. Barionlar, mezonlar, leptonlar va o'zaro ta'sir tashuvchilar tushuniladi
- D. Mezonlar, leptonlar va o'zaro ta'sir tashuvchilar tushuniladi

32. Giperonlar qaysi turdagi zarralarga mansub?

- A. "Hyperon" so'zidan olingan bo'lib, "og'ir, yirik" ma'nosini anglatadi hamda eng yengil barionlar bo'lgan proton va neytronga qaraganda og'ir bo'lgan barionlarga nisbatan ishlatiladi

- B. Og'ir leptonlar giperonlar deyiladi
- C. Ta'sir tashuvchilarning o'g'irlari giperonlar deb ataladi
- D. Leptonlar va ta'sir tashuvchilar giperonlar deyiladi

33. Zarralar spiniga qarab qanday klassifikatsiyalanadi?

- A. Adronlar, leptonlar va ta'sir tashuvchilarga bo'linadilar
- B. Kasr spinli zarralar - fermionlarga va butun spinli zarralar – bozonlarga bo'linadilar
- C. Fermionlar, bozonlar va giperonlarga bo'linadilar
- D. Kasr spinli zarralar - bozonlarga va butun spinli zarralar – fermionlarga bo'linadilar

34. Zarralar yashash vaqtiga qarab qanday klassifikatsiyalanadi?

- A. Absolyut stabil, stabil va rezonans zarralarga bo'linadilar
- B. Giperonlar, rezonanslar va ta'sir tashuvchilarga bo'linadilar
- C. Fermionlar, bozonlar va giperonlarga bo'linadilar
- D. Adronlar va leptonlarga bo'linadilar

35. Leptonlar qanday o'zaro ta'sirlarda qatnashadi?

- A. Elektromagnit va kuchsiz
- B. Kuchli va gravitatsion
- C. Kuchli va kuchsiz
- D. Gravitatsion va elektromagnit

36. Gravitatsion o'zaro ta'sir tashuvchisi to'grisida nima bilasiz?

- A. Gravitatsion o'zaro ta'sir tashuvchisi – graviton bo'lib, uning mavjudligi nazariy nuqtai – nazardan bashorat qilingan. 2016 – yilga kelib LIGO va VIRGO kollaborasiyalari tomonidan gravitatsion to'liqlarning tajribada kuzatilgan
- B. Agar graviton mavjud bo'lsa u holda elektromagnit to'liqlar kabi gravitatsion to'liqlar ham mavjud bo'lishi muqarrar
- C. Gravitatsion to'liqlardan foydalanishga erishilsa uning ulkan texnik progressga olib kelishi shubhasiz
- D. Elektromagnit to'liqlar kabi gravitatsion to'liqlar ham ma'lum spektral diapazonga ega bo'lishi mumkin

- 37. Fundamental o'zaro ta'sirlarni birlashtirish g'oyasini izohlang**
- A. "Katta portlash" g'oyasi hozirgi paytda Olamning paydo bo'lishini tushuntiruvchi yagona ilmiy talqindir. Bu g'oyaga ko'ra dastlabki

paytda o'ta zich va yuqori temperaturaga ega bo'lgan kvark – glyuon plazma holatining portlashi natijasida borliq yuzaga kelgan

B. "Katta portlash" g'oyasiga ko'ra dastlabki paytda bir turdagi o'zaro ta'sir mavjud bo'lgan va keyinchalik koinot sovishi natijasida 4 turdagi fundamental o'zaro ta'sirlarga ajralgan

C. Yuqori energiyali tezlatkichlarda zarralar to'qnashishi jarayonida "Katta portlash" sharoitiga yaqinlashganimiz sababli 4 turdagi o'zaro ta'sir ham bitta fundamental ta'sir doimiysi bilan amal qiladigan yagona o'zaro ta'sirga o'tishi muqarrar

D. Katta portlash go'yasiga ko'ra, zarralar olamidagi jarayonlarni tushuntiruvchi nazariya 4 turdagi o'zaro ta'sirlar birlashgan asnoda yaratilishi va hozirgi holat esa uning xususiy holi ko'rinishida kelib chiqishi mumkin

38. Elektrozaif o'zaro ta'sir tashuvchilari to'g'risida ma'lumot bering

A. γ^- , W^+ , W^- , Z^0 - bozonlar elektrozaif o'zaro ta'sir tashuvchilardir. Salam – Vaynberg modeliga ko'ra bozonlarning massalari mos holda 80 va 90 GeV, spinlari esa 0 ga teng.

B. Bu bozonlar tajribada bashorat qilingan massalarda kuzatilgan

C. γ^- foton ham elektrozaif o'zaro ta'sir tashuvchisi bo'lib, uning massasi 0 ga spini 1 ga teng.

D. Bu bozonlar tajribada bashorat qilingan tezliklarda kuzatilgan

39. Salam – Vaynberg modeli to'g'risida ma'lumot bering.

A. Salam – Vaynberg modeli asosida elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlar birlashtirilgan. Unga ko'ra elektromagnit o'zaro ta'sir tashuvchisi foton va kuchsiz o'zaro ta'sir tashuvchilari - W^+ , W^- , Z^0 - bozonlar birlashib elektrozaif o'zaro ta'sirni amalga oshirishadi

B. Hozirda elektrozaif ta'sirga kuchli hamda gravitatsion o'zaro ta'sirlarni ham inobatga olib bu o'zaro ta'sirlarni birlashtiruvchi - Standart Modelni shakllantirish ustida ish olib borilmoqda

C. Salam – Vaynberg modeli elektr va magnit kuchlarini ilk bor birlashtirgan elektrodinamikadan keyingi ikkinchi birlashtiruvchi modeldir

D. Javoblar ichida Salam – Vaynberg modeli to'g'risida ma'lumot berilmagan

40. Erkin neytron taxminan 15 minut davomida proton, elektron va elektron antineytrinoga parchalanadi. Nima uchun atom yadrolaridagi neytronlar stabil?

A. Kobalt 60 elementi beta parchalanishida hosil bo'layotgan elektronlar kobalt yadrosi spini yo'nalishida boshqa yo'nalishlarga qarganda taxminan 40% ko'proq uchub chiqadi. Bu holat fazoning izotrop emasligini bildirmaydi va zarralarning ichki xususiyatidir. Bu jarayon hamda uning ko'zgudagi aksining ustma – ust tushmasligi fazoviy juftlikning buzilishini bildiradi

B. P - almashtirishda biror jarayonning oynadagi aksi bir xil ehtimollik bilan amalga oshmasa fazoviy juftlik buzilgan bo'ladi

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. Yadro muhitining ta'siri natijasida

41. Massa zarraning individualligini harakterlovchi kattalik bo'la oladimi?

A. Ha bo'la oladi. Chunki har bir turdagi zarra ma'lum massaga ega bo'lib bu qiymat shu turdagi barcha zarralar uchun xosdir

B. P - almashtirishda biror jarayonning oynadagi aksi bir xil ehtimollik bilan amalga oshmasa fazoviy juftlik buzilgan bo'ladi

C. P – almashtirish deganda zarralar qatnashgan jarayonni antizarralar qatnashgan jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

D. P – almashtirish deganda to'g'ri jarayonni teskari jarayonga aylantiruvchi almashtirish tushuniladi

42. Absolyut saqlanuvchi qonunlar deganda nimani tushunasiz?

A. Har qanday o'zaro ta'sirda ham saqlanuvchi qonunlar absolyut saqlanuvchi qonunlar deyiladi. Ularga energiya, impuls, impuls momenti, elektr, barion va lepton zaryadlari, izotopik spin 3 – proyeksiyasi saqlanish qonunlari misol bo'ladi

B. Ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib boshqalarida buziladigan saqlanish qonunlari absolyut saqlanish qonunlari deyiladi

C. Izospin – T, g'alatilik kvant soni – S, maftunkorlik kvant soni – C, juftlik kabi kvant sonlari ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib ayrimlarida buziladi

D. Izospin – T, g'alatilik kvant soni – S, maftunkorlik kvant soni – C, juftlik kabi kvant sonlari barcha o'zaro ta'sirlarda buziladi

43. Taqribiy saqlanuvchi qonunlar deganda nimani tushunasiz?

- A. Har qanday o'zaro ta'sirda ham saqlanuvchi qonunlar taqribiy saqlanuvchi qonunlar deb ataladi. Ularga energiya, impuls, impuls momenti, elektr, barion va lepton zaryadlari, izotopik spin 3 – proyeksiyasi saqlanish qonunlari misol bo'ladi
- B. Ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib boshqalarida buziladigan saqlanish qonunlari taqribiy saqlanish qonunlari deyiladi
- C. Izospin – T, g'alatilik kvant soni – S, maftunkorlik kvant soni – C, juftlik kabi kvant sonlari ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanib ayrimlarida buziladi
- D. Izospin – T, g'alatilik kvant soni – S, maftunkorlik kvant soni – C, juftlik kabi kvant sonlari barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi

44. Geometrik fazoni tushuntiring.

- A. Geometrik fazo deganda odatdagi Yevklid fazosi tushuniladi. Ya'ni, biz bilgan barcha klassik fizika jarayonlari x, y, z koordinatalar sistemasida va t vaqtda sodir bo'ladi
- B. Klassik fizika jarayonlarida bu jarayonlarning kvant tabiati namoyon bo'lmaydi
- C. Kvant fizika jarayonlari geometrik fazo va shu bilan bir vaqtda ichki fazolarda hamda t vaqtda sodir bo'ladi
- D. Klassik fizika jarayonlarida bu jarayonlarning kvant tabiati namoyon bo'ladi

45. Ichki fazolarni tushuntiring

- A. Izotopik fazo, g'alatilik, maftunkorlik, cho'qqi (haqiqiylik) va tub (go'zallik) fazolari ichki fazolardir
- B. Ichki fazolar zarralarning ichki, o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirish uchun kiritilgan
- C. Hozirda mavjud 11 o'lchamning 7 tasi ichki fazolarga tegishlidir
- D. Ichki fazolarga mos kvant sonlari zarralarni xarakterlaydi. Bu kvant sonlar geometrik fazoga xos kvant sonlaridan farq qilib absolyut emas, balki taqribiy harakterga ega bo'ladi. Ya'ni, ayrim o'zaro ta'sirlarda saqlanadi, ayrimlarida esa yo'q

46. Ichki fazolarga qaysi fazolar misol bo'ladi?

- A. Izotopik fazo, g'alatilik, maftunkorlik, cho'qqi (haqiqiylik) va tub (go'zallik) fazolar ichki fazolardir

- B. Ichki fazolar zarralarning ichki, o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirish uchun kiritilgan
- C. Hozirda mavjud 11 o'lchamning 7 tasi ichki fazolarga tegishlidir
- D. Hozirda mavjud 11 o'lchamning 4 tasi ichki fazolarga tegishlidir

47. Izotopik fazo qanday fazoga mansub?

- A. Izotopik fazo ichki (yashirin) fazolarning dastlabkisi bo'lib, yadro kuchlarining tabiatini tushuntirish uchun kiritilgan
- B. Izotopik fazo geometrik fazoga mansub
- C. Bunday nomdagi fazo mavjud emas
- D. Izotopik fazo ham ichki ham geometrik fazoga mansub

48. Izotopik spin qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Kuchli o'zaro ta'sirda saqlanadi
- B. Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- C. Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanadi
- D. Barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi

49. G'alatilik fazosi qanday fazoga mansub?

- A. G'alatilik fazosi ichki (yashirin) fazolarning ikkinchisi bo'lib, kuchli o'zaro ta'sirlarda g'alati zarralarning 2, 4, 6 ta, ya'ni, juft bo'lib hosil bo'lishini tushuntirish maqsadida kiritilgan
- B. G'alatilik fazosi bu – geometrik fazo
- C. G'alatilik fazosi ichki (yashirin) fazoga mansub
- D. G'alatilik fazosi ichki (yashirin) fazolarning ikkinchisi bo'lib, kuchli o'zaro ta'sirlarda g'alati zarralarning 2, 4, 6 ta, ya'ni, juft bo'lib hosil bo'lishini tushuntirish maqsadida kiritilgan bo'lib, geometrik fazoga mansub

50. G'alatilik kvant soni qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- B. Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- C. Barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- D. Faqat elektromagnit o'zaro ta'sirda saqlanadi

51. Maftunkorlik fazosi qanday fazoga mansub?

- A. Maftunkorlik fazosi ichki (yashirin) fazolarning uchinchisi bo'lib, maftunkor zarralar tabiatini tushuntirish uchun kiritilgan
- B. Maftunkorlik fazosi geometrik fazoga mansub

- C. Bunday nomdagi fazo mavjud emas
- D. Maftunkorlik bu fazo emas

52. Maftunkorlik kvant soni qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Kuchli, elektromagnit, kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- B. Barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- C. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- D. Hech qaysisida saqlanmaydi

53. Giperzaryad nima?

- A. Barion zaryadi, g'alatilik kvant soni va maftunkorlik kvant sonlari yig'indisi giperzaryad deb nomlanadi. Gell – Mann – Nishidjima munosabatiga ko'ra bu kattaliklar izotopik spinning 3 – o'qdagi proyeksiyasi bilan birgalikda zaryad kvant sonlari ham deb nomlanadi
- B. Barion zaryadi giperzaryad deb ham nomlanadi
- C. G'alatilik va maftunkorlik kvant sonlari yig'indisi giperzaryad deb ataladi
- D. Bunday tushuncha mavjud emas

54. Gell – Mann – Nishidjima munosabatini izohlang.

- A. Ixtiyoriy adronning elektr zaryadi bilan uning izotopik spini 3 – proyeksiyasi, barion zaryadi, g'alatilik va maftunkorlik kvant sonlari orasidagi bog'lanishni ifodalaydi
- B. Giperzaryad qanday kattaliklar bilan aniqlanishini ifodalaydi
- C. Ixtiyoriy zarraning elektr zaryadi qanday zaryad kvant sonlari bilan aniqlanishini ifodalaydi
- D. Izospin qanday kattaliklar bilan aniqlanishini ifodalaydi

55. Spin qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Faqat kuchli o'zaro ta'sirda saqlanadi
- B. Elektromagnit va kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanadi
- C. Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanadi
- D. Barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi

56. Qanday zarraga haqiqiy neytral zarra deyiladi?

- A. Zarra va uning antizarrasi orasida hech qanday farq bo'lmasa, ya'ni ular ustma – ust tushsa
- B. Barcha neytral zarralarni haqiqiy neytral zarralar deyish mumkin

- C. π^0 – mezon haqiqiy neytral zarradir
- D. Zarra va uning antizarrasi orasida hech qanday farq bo'lmasa, ya'ni ular ustma – ust tushsa. Masalan: π^0 – mezon haqiqiy neytral zarradir

57. Yashash vaqti zarra individualligini bildiradimi?

- A. bildiradi. Chunki zarrani xarakterlovchi kattaliklardan biridir
- B. Yo'q, bildirmaydi
- C. Zarralar fizikasida yashash vaqti ahamiyat kasb etmaydi
- D. Yashash vaqti zarraning turiga bog'liq

58. Barion zaryadi qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Elektromagnit va kuchli o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- B. Kuchli va kuchsiz o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- C. Faqat elektromagnit o'zaro ta'sirda saqlanadi
- D. Barcha o'zaro ta'sirlarda saqlanadi

59. Lepton zaryadi qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Barcha o'zaro ta'sirda saqlanadi
- B. Birorta ham o'zaro ta'sirda saqlanmaydi
- C. Elektromagnit o'zaro ta'sirda saqlanadi
- D. Kuchsiz o'zaro ta'sirda saqlanadi

60. Elektr zaryadi qanday o'zaro ta'sirlarda saqlanadi?

- A. Kuchli va elektromagnit o'zaro ta'sirlarda saqlanadi
- B. Elektromagnit o'zaro ta'sirda saqlanadi
- C. Kuchsiz va gravitatsion o'zaro ta'sirda saqlanadi
- D. Barcha o'zaro ta'sirda saqlanadi

61. Rangli simmetriya deganda nimani tushunasiz?

- A. Ω – giperon 3 ta s – kvarkdan tashkil topgan bo'lib ular bir xil holatdadir. Lekin kvarklar fermion bo'lganligi uchun bir xil holatda 2 xil fermion bo'lmasligi kerak. Shu sababli yangi – rang tushunchasi kiritilgan. Unga ko'ra har qanday kvark 3 xil rangli holatda bo'ladi
- B. Har qanday kvarkning 3 xil rangda bo'lishi optikadagi rangni anglatmaydi. Hozirlikcha shunday nomlangan bo'lib, rang qandaydir ichki xususiyatni bildiradi. Uni boshqacha, ya'ni rangli zaryad deb ham ataladi
- C. Kvarklar rangli bo'lganligidan, ya'ni rangli zaryadga egaligidan ularni bog'lab turuvchi glyuonlar ham rangli bo'ladi. Ya'ni glyuon biror

rangni boshqasiga aylantiradi. 3 xil rangni 2 tadan guruhlasak 9 xil kombinatsiya hosil bo'ladi. Lekin bu kombinatsiyalardan bittasi bir xil rangni o'z – o'ziga o'tkazadi va u fizik holatni ifodalamaydi. Shu sababli glyuonlar 8 xil rangda bo'ladilar

D. Kvarklarni bog'lab turuvchi glyuon kuchlari rangli kombinatsiyalarga bog'liq emas. Boshqacha aytganda rangli zaryadlar glyuon kuchlariga befarqdir, ya'ni glyuon kuchlari rangli zaryadlarga nisbatan simmetrikdir. Bu holat rangli simmetriya deyiladi

62. Koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?

- A. Koinotdan Yerga kelayotgan zarralar oqimi
- B. Quyosh va yulduzlardan kelayotgan nurlar
- C. Quyosh nurini
- D. Koinotdan Yerga kelayotgan nurlar oqimi

63. Koinot nurlari tarkibi qanday?

- A. Asosan elektronlar, proton va $Z < 30$ elementlar yadrolari
- B. Quyosh va yulduzlardan kelayotgan nurlar
- C. Quyosh nuri
- D. Fotonlar oqimi

64. Koinot nurlari qanday turlarga ajratiladi?

- A. Koinot nurlari ikki turga – Quyosh va Gallaktika koinot nurlariga ajratiladi
- B. Koinot nurlari birlamchi va ikkilamchi koinot nurlariga ajratiladi
- C. Koinot nurlari qattiq ba yumshoq komponentalarga ajratiladi
- D. Koinot nurlari issiq va sovuq koinot nurlariga ajratiladi

65. Koinot nurlari qanday kattaliklar bilan xarakterlanadi?

- A. Koinot nurlari, asosan, koinot nurlari intensivligi, oqimi, anizotropiyasi va magnit qattiqligi kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi
- B. Koinot nurlari tezlik va zichlik kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi
- C. Koinot nurlari bosim va temperatura kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi
- D. Koinot nurlari, asosan, koinot nurlari intensivligi, oqimi, anizotropiyasi va magnit qattiqligi, tezlik va zichlik kabi kattaliklar bilan xarakterlanadi

66. Birlamchi koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?

- A. Yer atmosferasida hosil bo'lgan zarralarga birlamchi koinot nurlari deb ataladi
- B. Yer qobig'ida hosil bo'lgan zarralarga birlamchi koinot nurlari deb ataladi
- C. Koinotdai ob'yektlarda sodir bo'luvchi turli jarayonlar natijasida hosil bo'lgan zarralarga birlamchi koinot nurlari deyiladi
- D. Koinotdai ob'yektlarda sodir bo'luvchi turli jarayonlar natijasida hosil bo'lgan jarayonlarga birlamchi koinot nurlari deyiladi

67. Ikkilamchi koinot nurlari deganda nimani tushunasiz?

- A. Birlamchi koinot nurlari ta'sirida Yer atmosferasida hosil bo'lgan zarralarga ikkilamchi koinot nurlari deyiladi
- B. Birlamchi koinot nurlari ta'sirida Yer qobig'ida hosil bo'lgan zarralarga ikkilamchi koinot nurlari deyiladi
- C. Koinotdagi ob'yektlarda sodir bo'luvchi turli jarayonlar natijasida hosil bo'lgan zarralarga ikkilamchi koinot nurlari deyiladi
- D. Birlamchi koinot nurlari ta'sirida Yer sirtida hosil bo'lgan zarralarga ikkilamchi koinot nurlari deyiladi

68. Koinot nurlari manbasi bo'lib qanday osmon jismlari xizmat qiladi?

- A. Neytron yulduzlar
- B. Yulduzlar
- C. O'ta yangi yulduzlar
- D. Yulduzlar va o'ta yangi yulduzlar

69. Quyosh neytrinosi deganda qanday neytrino tushuniladi?

- A. Elektron neytrino Quyoshdagi jarayonlarda hosil bo'ladi va shu sababli Quyosh neytrinosi deb ham ataladi
- B. Myuon neytrino Quyoshdagi jarayonlarda hosil bo'lmaydi va shu sababli Quyosh neytrinosi deyiladi
- C. Bunday nomdagi neytrino yo'q
- D. Quyoshdagi jarayonlarda neytrino hosil bo'lmaydi

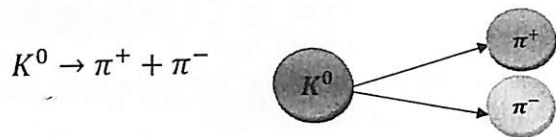
70. Atmosfera neytrinosi qanday neytrino?

- A. Birlamchi koinot nurlarining atmosfera bilan o'zaro ta'siri natijasida juda ko'p miqdorda myu - neytrino hosil bo'ladi. Shu sababli myu - neytrinoga atmosfera neytrinosi deyiladi
- B. Elektron neytrinoga atmosfera neytrinosi deyiladi
- C. Tau neytrinoga atmosfera neytrinosi deyiladi
- D. Bunday nomdagi neytrino yo'q

ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASIDAN MASALALAR

Masalalar yechish namunalari:

1 – masala: K^0 mezon zaryadli ikki π -mezonga parchalanadi. Hosil bo'lgan har bir π -mezonning massasi uning tinch holatdagi massasidan 1,77 marta katta. Dastlab K^0 - mezon tinch holatda bo'lib, uning tinch holatdagi massasini $965 m_0$ deb olib (bunda m_0 — elektronning tinch holatdagi massasi): 1) hosil bo'lgan π -mezonlarning tinch holatdagi massasini, 2) π -mezonlarning hosil bo'lish paytdagi tezligini toping [12].



Yechilishi: Agar tinch turgan K^0 – mezon tinch turgan mezon

K^0 – mezonning massasi $m_{0K^0} = 965m_0$ (2) ga teng. Bu yerda m_0 — elektronning tinchlikdagi massasi. Har bir π -mezonning massasi $m_\pi = 1,77m_{0\pi}$ (3) ga teng. Bu yerda $m_{0\pi}$ — tinch turgan π -mezon massasi. (2) va (3) ni (1) ga qo'yib, $965m_0c^2 - 2m_{0\pi}c^2 = 2 \cdot 1,77m_{0\pi}c^2$ ni hosil qilamiz. Bu yerdan $m_{0\pi} = \frac{965m_0c^2}{2 \cdot 1,77c^2} = 272,59m_0 = 2,48 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$.

Nisbiylik nazariyasiga ko'ra harakatdagi π -mezonning kinetik energiyasi uning tezligi bilan quyidagicha bog'lanishga ega $W_k =$

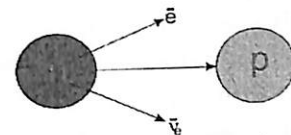
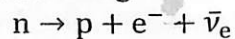
$$m_{0\pi} \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \quad (4). \text{ Boshqa tomondan } W_k = m_\pi c^2 \text{ yoki } W_k = 1,77m_{0\pi}c^2 \quad (5).$$

(4) va (5) umumlashtirgan holda $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1 = 1,77$ ga ega bo'lamiz.

Hisoblashlar natijasida $v_\pi = 2,79 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ kelib chiqadi.

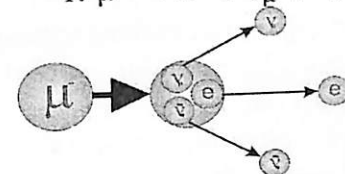
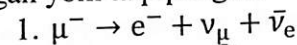
Demak, masalaning javobi ($m_{0\pi} = 2,48 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$ va $v_\pi = 2,79 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$)

2 – masala: Quyidagi jarayon barion zaryadi saqlanish qoniniga ko'ra bajarilishi yoki bajarilmasligini isbotlang.

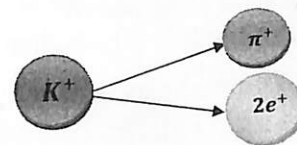
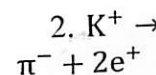


Yechilishi: Bunda reaksiya tenglamasining chap tomonidagi neytronning barion zaryadi $B=+1$ ga teng. Tenglamaning o'ng tomonidagi protonning ham barion zaryadi $B=+1$ ga teng, elektron va elektron antineytrinosi lepton bo'lganligi uchun ularning barion zaryadi mavjud emas. Demak, $+1 \rightarrow +1 + (-) + (-)$ bo'ladi. Bu reaksiya barion zaryadi saqlanishiga ko'ra ruxsat etiladi. Shu o'rinda lepton zaryadi saqlanishiga ko'ra qanday bo'lishini ham ko'rib o'tishimiz mumkin. Tenglamaning o'ng tomoni uchun $L_e = 0$, chap tomoni uchun esa $L_e = 1 + (-1) = 0$. Demak, yuqoridagi jarayon barion va lepton zaryadlarining saqlanish qonunlariga ko'ra sodir bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, neytron massasi proton, elektron va elektron antineytrinolar massalari yig'indisidan katta, yani og'ir zarra yengil zarralarga parchalabishi sodir bo'lishi mumkin.

3 – masala: Quyidagi reaksiyalardan qaysilari lepton zaryadi saqlanishiga ko'ra ruxsat etilgan yoki taqiqlangan?

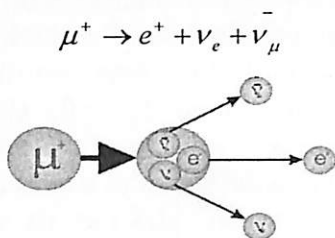


Yechilishi: Bu tenglamaning chap tomonida ikkinchi avlod leptonlari uchun lepton zaryadi $L_{chap} = L_\mu = +1$ ga teng. O'ng tomoni uchun esa $L_{omg} = L_\mu = +1$ ga teng. Tenglamaning chap tomoni birinchi avlod leptonlari uchun $L_{chap} = L_e = 0$, o'ng tomoni uchun ham $L_{omg} = L_e = +1 - 1 = 0$ bo'ladi. Demak, lepton zaryadining saqlanishi bajariladi. Bu reaksiya lepton zaryadi saqlanish qonuniga ko'ra ruxsat etilgan va sodir bo'ladi. Energiyaning saqlanish qonuni ham bajariladi, chunki μ^- -mezon massasi hosil bo'lgan zarralar massasidan og'ir.



Yechilishi: Bu reaksiya tenglamasining chap tomonida mezon va o'ng tomonida ham bitta mezon qatnashyapti. O'ng tomondagi pozitronning lepton zaryadi $L_{e^+} = -1$ ga teng. Chap tomon uchun esa $L_{e^+} = 0$. Ya'ni, $0 = -2$ bo'ladi. Demak, reaksiyada lepton zaryadi saqlanish qonuni bajarilmaydi. Bu reaksiya lepton zaryadi saqlanishi bo'yicha taqiqlangan.

4-masala: Musbat myuonning pozitron, elektron neytrinosi va myuon antineytrinoga parchalanishi qaysi saqlanish qonunlari bo'yicha amalga oshishi mumkin?

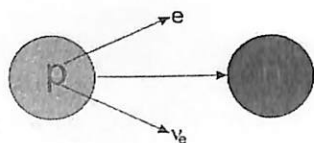


Yechilishi: Elektron lepton zaryadi saqlanishi $L_e \Rightarrow 0 = -1 + 1 + 0 \Leftrightarrow 0 = 0$ bajariladi, myuon lepton zaryadi saqlanishi $L_\mu \Rightarrow -1 = 0 + 0 - 1 \Leftrightarrow -1 = -1$ bajariladi, tau lepton zaryadi saqlanishi $L_\tau \Rightarrow 0 = 0 + 0 + 0 \Leftrightarrow 0 = 0$ bajariladi. Bulardan kelib chiqib to'la lepton zaryadi saqlanishi ham $L = L_e + L_\mu + L_\tau \Rightarrow 0 - 1 + 0 = 0 - 1 + 0 \Leftrightarrow -1 = -1$ bajariladi. Elektr zaryadining saqlanishi ham

$q \Rightarrow +1 = +1 + 0 + 0$ bajariladi. Demak, bu parchalanishda o'ng va chap qismdagi lepton zaryadlari va zaryadning saqlanish qonuni bajariladi, ya'ni, musbat myuon: pozitron, elektron neytrinosi va myuon antineytrinosiga parchalanadi. Bu parchalanish lepton zaryadi va elektr zaryadi saqlanish qonunlari bo'yicha amalga oshadi.

5-masala: Quyidagi reaksiyada elektron neytrinosini hosil bo'lishini tushuntiring. ${}_{12}^{24}\text{Mg} \rightarrow {}_{11}^{24}\text{Na} + {}_{+1}^0\beta + {}_0^0\nu_e$

Yechilishi: Reaksiyadan ko'rinib turibdiki ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ yadrosida protonlar soni $Z=12$ ta, nuklonlar soni $A=24$ ta va shundan neytronlar soni $N=12$ ta, ${}_{11}^{24}\text{Na}$ yadrosida protonlar soni $Z=11$ ta, nuklonlar soni $A=24$ ta va neytronlar soni $N=13$ ta, demak, bu reaksiyada bitta proton neytronga aylanadi, bitta pozitron va elektron antineytrinosi hosil bo'ladi: ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e$



Shunday qilib pozitron hosil bo'lish jarayonida u bilan birga elektron neytrinosi ham birga paydo bo'ladi.



Endi ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e$ reaksiyani tahlil qilamiz:

Aytaylik reaksiya quydagicha: ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$ ya'ni, proton, pozitron va neytronga parchalanadi deb faraz qilsak u holda, spinning saqlanish qonuni buziladi: $\frac{1}{2}\hbar = \frac{1}{2}\hbar + \frac{1}{2}\hbar \Leftrightarrow \frac{1}{2}\hbar \neq \hbar$.

Demak, reaksiya xato, chunki spinning saqlanish qonuni bajarilmaydi. Xulosa proton bunday parchalanishga uchramaydi, reaksiya to'g'ri bo'lishi uchun reaksiyaga nimanidir qo'shish kerak, aynan shu zarra elektron neytrinosi deb ataladi.

Reaksiyani ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e$ ko'rinishga keltirsak spinning saqlanish qonuni $\frac{1}{2}\hbar = \frac{1}{2}\hbar + \frac{1}{2}\hbar + \frac{1}{2}\hbar \Leftrightarrow \frac{1}{2}\hbar \neq \frac{3}{2}\hbar$, tenglik bajarilmadi lekin elektron neytrinosi uning antizarrasi bilan almashtirsak quyidagi ko'rinishga kelamiz:

${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e \Leftrightarrow {}^1_{+0}p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e$, yani reaksiya quyidagi ko'rinishga keladi ${}^1_{+0}p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$. Bunga ko'ra spinning saqlanishi $\frac{1}{2}\hbar + \frac{1}{2}\hbar = \frac{1}{2}\hbar + \frac{1}{2}\hbar \Leftrightarrow \hbar = \hbar$ bajariladi. Demak bu reaksiya to'g'ri.

Elektron neytrinosining hosil bo'lishi ushbu ${}^1_{+0}p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$ reaksiya orqali amalga oshar ekan.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Elementar zarralarning qaysi xarakteristikalari adronlarning barionlar va mezonlarga ajralishini tushuntiradi?

2. 1) Λ^0 - giperon 2) proton elementar zarralarning qaysi guruhiga tegishli ekanligini va nima uchunligini tushuntiring [15].

3. 1) τ - mezon (taon) 2) π^0 -mezon elementar zarralarning qaysi guruhiga tegishli ekanligini va nima uchunligini tushuntiring.

4. 1) myuon neytrino 2) neytron elementar zarralarning qaysi guruhiga tegishli ekanligini va nima uchunligini tushuntiring [15].

5. 1) foton 2) K^0 -mezon elementar zarralarning qaysi guruhiga tegishli ekanligini va nima uchunligini tushuntiring.

6. Gravitatsion doimiy $-G$, Plank doimiysi $-h$ va yorug'lik tezligi $-c$ lardan uzunlik o'lchamidagi kattalikni hosil qiling. Bu uzunlikni hisoblang [11].

7. Ikki proton orasidagi elektrostatik va gravitatsion ta'sir kuchlarini taqqoslang.

8. μ^- -myuon tinch turgan elektron bilan ro'parama $-ro'$ para elastik to'qnashdi. Agar to'qnashishgacha μ^- -myuonning kinetik energiyasi

$E_k = 100 \text{ MeV}$ bo'lsa, tepkili elektronning kinetik energiyasini toping [13].

9. Tinchlikdagi myuon (μ^+)ning pozitron va ikkita neytrinoga yemirilishida hosil bo'lgan pozitronning maksimal kinetik energiyasi topilsin. $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

10. Bitta kvant bilan elektron $-$ pozitron jufti hosil qilinishi uchun reaksiyada tinchlikdagi massasi $m_1 \neq 0$ bo'lgan zarra ishtirok etishi shart ekanligini isbot qiling.

11. e^- elektron va e^+ pozitron annigilyatsiyasi $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$ sxema bo'yicha amalga oshadi. Agar tinch turgan elektron bilan to'qnashgungacha pozitronning kinetik energiyasi $E_k = 0,75 \text{ MeV}$ bo'lsa, bir xil energiyali γ - kvantlarning uchib ketish yo'nalishlari orasidagi burchakni toping.

12. Bir xil, 240 keV kinetik energiyaga ega bo'lgan elektron bilan pozitron o'zaro to'qnashib, ikkita bir xil fotonga aylandi. Har bir fotonning energiyasini va unga mos kelgan to'lqin uzunligini toping.

13. 12 $-$ masala shartidan foydalanib, har bir fotonga mos kelgan impulsni toping.

14. Elektron $-$ pozitron juftining hosil bo'lishi $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$ sxema bo'yicha amalga oshadi. Agar har bir foton energiyasi $E = 3,02 \text{ MeV}$ bo'lsa, hosil bo'lgan zarralar qanday tezlikka ega bo'ladi?

15. 14 $-$ masala shartidan foydalanib elektron bilan pozitronning paydo bo'lish momentidagi to'la kinetik energiyasini toping.

16. Kinetik energiyasi W va massasi m_1 bo'lgan zarra dastlabki holatda tinch turgan massasi m_2 bo'lgan zarra bilan to'qnashdi. Natijada umumiy massasi M bo'lgan bir yoki bir necha zarra hosil bo'ldi. Dastlabki zarralar massalari o'zgarishsiz qoldi. Yangi zarralar hosil bo'lish ostona energiyasini toping. *Zarralar tug'ilishining ostona energiyasi deb uchib kelayotgan zarraning minimal energiyasiga*

aytiladi va bu energiyada, impuls va energiyaning saqlanish qonunlariga asosan, M (m_1, m_2, M $-$ tinchlikdagi massa) massali zarraning tug'ilishi mumkin bo'ladi.

17. Bundan oldingi masala natijasidan foydalanib proton va antiprotonning tug'ilish ostona energiyasini aniqlang:

- protonning tinch turgan proton bilan to'qnashishida
- fotonning tinch turgan proton bilan to'qnashishida
- elektronning tinch turgan elektron bilan to'qnashishida

18. Pozitron $-$ elektron juftining hosil bo'lishida nurlanishning eng kichik chastotasi qanday? Bu nurlanish kvantining energiyasi \mathcal{E} qanday?

19. π^0 - mezonning uchub ketayotgandagi parchalanishi $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ sxema bo'yicha amalga oshadi. Agar γ - kvantlarning energiyalari E_1 va E_2 bo'lib, π^0 - mezonning tinchlikdagi massasi m_0 bo'lsa, ularning uchib ketish yo'nalishlari orasidagi burchakni toping.

20. Tinch turgan π^0 - mezon parchalanib ikkita bir xil γ - fotonga aylandi. Har bir fotonning energiyasini toping.

21. Tinchlikdagi π^+ mezon myuon va neytrinoga bo'linadi $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$. Myuon va neytrinolarning kinetik energiyalari hisoblandsin.

22. Pionning Kompton to'lqin uzunligi bilan yadro kuchlari ta'sir radiusini taqqoslang.

23. π^- mezon ($m_\pi = 273,1 m_e$) μ^- mezon ($m_\mu = 208,8 m_e$) va neytrinoga parchalanadi. Myuon va neytrinning energiyasi va impulsini toping.

24. Erkin neytron $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ sxema bo'yicha parchalanadi. Neytron parchalanganda hosil bo'lgan zarralarning to'la kinetik energiyasini toping. Neytronning kinetik energiyasini va antineytrinning tinchlikdagi massasini hisobga olmag.

25. Neytron bilan antineytron annigilyatsiyalanib ikkita foton hosil qiladi. Zarralarning boshlang'ich energiyasini nazarga olinmasa, paydo bo'lgan fotonlardan har birining energiyasini toping.

26. Σ^- - giperonning $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ yemirilishida hosil bo'lgan neytronning kinetik energiyasi hisoblandsin.

27. Sizga ma'lum bo'lgan taqribiy saqlanish qonunlarini aytib bering. Bu saqlanish qonunlari qanday shartlarda bajariladi. (*Taqribiy saqlanish qonunlari o'zaro ta'sir-turlarning hammasi uchun ham o'rinli emas*).

28. Zarralarning hosil bo'lishi va parchalanishida energiya, impuls va impuls momenti saqlanish qonunlaridan tashqari bir qator aniq saqlanish qonunlari bajariladi:

- elektr zaryadi saqlanish qonuni

2) barion zaryadi saqlanish qonuni

3) lepton zaryadi saqlanish qonuni

Quyida keltirilgan jarayonlardan qaysilari yuqorida keltirilgan saqlanish qonunlariga binoan taqiqlangan?

1. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

2. $p \rightarrow n + e^-$

3. $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$

4. $K^+ \rightarrow \pi^- + 2e^+$

29. Quyida keltirilgan jarayonlardan qaysilari 28-masalada keltirilgan saqlanish qonunlariga binoan taqiqlangan?

1. $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$

2. $K^- + n \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$

3. $\pi^+ + n \rightarrow \Lambda^0 + K^+$

4. $\pi^+ + n \rightarrow K^+ + K^0$

30. Quyida keltirilgan jarayonlarni qarab chiqing va ulardan qaysilari taqiqlanganligini ko'rsating va tushuntiring.

1. $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$

2. $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_e$

3. $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \bar{\nu}_e$

31. Quyida keltirilgan jarayonlarning saqlanish qonunlari bo'yicha taqiqlanganligini ko'rsating va tushuntiring.

1. $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$

2. $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + \mu^+$

3. $\bar{\nu}_\mu + p \rightarrow n + e^+$

32. Quyida keltirilgan jarayonlarning saqlanish qonunlari bo'yicha taqiqlanganligini ko'rsating va tushuntiring.

1. $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + \mu^+$

2. $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$

3. $\mu^- \rightarrow e^- + \gamma$

33. Zarralarning o'zaro ta'siri va parchalanishi kuchli, elektromagnit yoki kuchsiz o'zaro ta'sir natijasida sodir bo'ladi. Kuchsiz o'zaro ta'sir ostidagi jarayonlar ehtimolligi kuchli o'zaro ta'sirdagiga qaraganda $10^{10} - 10^{12}$ marta kichik. Kuchli o'zaro ta'sir faqat adronlar orasida sodir bo'ladi va bunda g'alatilik kvant soni - S saqlanadi. Kuchsiz o'zaro ta'sirda g'alatilik kvant soni saqlanmaydi:

S = 0, nuklonlar, antinuklonlar π - mezonlar uchun;

S = -1, Λ , Σ^+ , Σ^- , K, Σ^0 , \bar{K}^0 (K-mezon, Σ -giperon, Λ -zarralar) uchun;

S = -2, kaskad giperonlar (Ξ^- , Ξ^0) uchun;

S = -3, Ω^- - giperon uchun;

S = +1, $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^+$, $\bar{\Sigma}^-$, $\bar{\Sigma}^0$, K^+ , K^0 - zarralar uchun

S = +2, $\bar{\Xi}^+$, $\bar{\Xi}^0$ - giperonlar uchun;

S = +3, $\bar{\Omega}^+$ - giperon uchun (yuqoridagi chiziqcha antizarra belgisi).

G'alatilik kvant soni bir birlikka o'zgaranda jarayon ehtimolligi $10^{10} - 10^{12}$ martagacha kamayadi. G'alatilik ikki birlikka o'zgaranda jarayon kuzatilmaydi. Quyidagi keltirilgan jarayonlardan qaysilari g'alatilik kvant soni saqlanishi bo'yicha kuzatiladi, qaysilari taqiqlangan va demak, qaysilari kichik ehtimollik bilan sodir bo'ladi yoki umuman kuzatilmaydi?

1. $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$

2. $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + \pi^0$

3. $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$

4. $\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^-$

5. $\Xi^- \rightarrow 2\pi^- + p$

6. $\pi^+ + \bar{p} \rightarrow \bar{\Sigma}^+ + K^-$

34. Quyidagi keltirilgan jarayonlardan qaysilari g'alatilik kvant soni saqlanishi bo'yicha kuzatiladi, qaysilari taqiqlangan va demak, qaysilari kichik ehtimollik bilan sodir bo'ladi yoki umuman kuzatilmaydi?

1. $\pi^+ + \bar{p} \rightarrow \bar{\Sigma}^+ + \pi^-$

2. $\pi^+ + n \rightarrow \Lambda + K^+$

3. $K^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$

4. $p + \bar{\Sigma}^+ \rightarrow K^+ + \pi^+$

35. Quyidagi keltirilgan jarayonlardan qaysilari g'alatilik kvant soni saqlanishi bo'yicha kuzatiladi, qaysilari taqiqlangan va demak, qaysilari kichik ehtimollik bilan sodir bo'ladi yoki umuman kuzatilmaydi?

1. $p + \bar{\Sigma}^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+$

2. $\pi^- + p \rightarrow \Xi^- + \bar{\Xi}^+ + n$

3. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$

4. $\pi^- + p \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^0$

36. Adronlar (barionlar va mezonlar)ning parchalanishi natijasida leptonlar hosil bo'lishida parchalanishning ehtimolligini ta'minlovchi empirik qoidalar mavjud. Agar parchalanish jarayonida adronning g'alatilik kvant soni o'zgarishi ΔS adronlar zaryadi sonining o'zgarishi ΔZ ga teng bo'lmasa, u holda bunday parchalanish kuzatilmaydi. Masalan: $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$ ($\Delta Z = \Delta S = +1$) kuzatiladi, $\Sigma^+ \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ ($\Delta Z = -1$; $\Delta S = +1$) jarayon esa kuzatilmaydi.

Quyidagi reaksiyalardan qaysilari $\Delta Z = \Delta S$ qoidaga ko'ra ruxsat etilgan, qaysilari taqiqlanganligini aniqlang

1. $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + e^- + \bar{\nu}_e$
2. $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^- + e^+ + \nu_e$
3. $\Xi^- \rightarrow \Lambda + e^- + \bar{\nu}_e$
4. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + e^- + e^+$
5. $\Lambda \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
6. $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

37. Quyidagi reaksiyalardan qaysilari $\Delta Z = \Delta S$ qoidaga ko'ra ruxsat etilgan, qaysilari taqiqlanganligini aniqlang

1. $\Xi^0 \rightarrow \Sigma^- + e^+ + \nu_e$
2. $K^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \pi^0$
3. $K^+ \rightarrow \pi^+ + \mu^+ + \mu^-$
4. $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^- + e^+ + \nu_e$

38. Qat'iy saqlanish qonunlari jarayonlar turlari sonini chegaralaydi. Quyida keltirilgan jarayonlardan qaysilari saqlanish qonunlariga ko'ra ruxsat etilgan, qaysilari qat'iy taqiqlangan, qaysilari amalda kuzatilmaydi?

1. $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$
2. $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \gamma$
3. $\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma$
4. $\mu^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$
5. $K^+ + n \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$
6. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

39. Quyida keltirilgan jarayonlardan qaysilari saqlanish qonunlari buzilishiga ko'ra sodir bo'lmaydi yoki amalda kuzatilmaydi:

1. $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n$
2. $\Sigma^- + p \rightarrow \pi^0 + \bar{K}^0$
3. $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + \bar{K}^0$
4. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$

40. Quyida keltirilgan jarayonlardan qaysilari saqlanish qonunlari buzilishiga ko'ra sodir bo'lmaydi yoki amalda kuzatilmaydi:

1. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$
2. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$
3. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + e^- + \bar{\nu}_e$
4. $\Sigma^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$

41. Quyidagi parchalanishlar qaysi o'zaro ta'sirga ko'ra sodir bo'ladi.

1. $\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n$
2. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$
3. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + e^- + \bar{\nu}_e$

42. Quyidagi keltirilgan jarayonlarning qaysilari lepton zaryadining saqlanish qonuni bo'yicha ruxsat etiladi?

- 1) $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$
- 2) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu_\mu$

43. Quyidagi keltirilgan jarayonlarning qaysilari lepton zaryadining saqlanish qonuni bo'yicha ruxsat etiladi?

- 1) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$
- 2) $K^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \pi^0$

44. Quyidagi keltirilgan jarayonlarning qaysilari g'alatilik kvant sonining saqlanish qonuni bo'yicha ruxsat etiladi?

- 1) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K^0$
- 2) $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$

45. Quyidagi keltirilgan jarayonlarning qaysilari g'alatilik kvant sonining saqlanish qonuni bo'yicha ruxsat etiladi?

- 1) $n + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$
- 2) $\pi^- + p \rightarrow K^+ + K^- + n$

46. Quyidagi jarayonlardan qaysilari lepton zaryadi saqlanish qonuni bo'yicha taqiqlangan?

1. $n \rightarrow p + e^- + \nu$
2. $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$
3. $p + e^- \rightarrow n + \nu$
4. $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \bar{\nu}$

47. Quyidagi jarayonlardan qaysilari g'alatilik kvant soni saqlanish qonuni bo'yicha taqiqlangan [14]?

1. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+$
2. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$
3. $\pi^- + n \rightarrow \Xi^- + K^+ + K^-$
4. $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$

48. Quyidagi jarayonlarni taqiqlovchi sabablarni ko'rsating.

1. $\Sigma^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
2. $\pi^- + p \rightarrow K^+ + K^-$
3. $K^- + n \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$
4. $n + p \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$
5. $\pi^- \rightarrow \mu^- + e^- + e^+$
6. $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

49. Quyida ko'rsatilgan jarayonlarni qarab chiqing va o'zaro ta'sir turini aniqlang

1. $K^- + p \rightarrow \Lambda + \pi^0$
2. $\pi^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + K^+$
3. $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$

$$4. \Xi^0 \rightarrow \Lambda + \pi^0$$

$$5. \pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$

$$6. \Omega^- \rightarrow \Xi^- + \pi^0$$

50. Yadro reaksiyalarida yadro va kulon kuchlari bir vaqtning o'zida ta'sir ko'rsatadi, lekin yadro kuchlari kulon kuchidan taxminan 100 marta kuchliroq va kulon kuchlari odatda e'tiborga olinmaydi. Deyteriy (H_1^2), vodorod (H_1^1) va tritiy (H_1^3) yadrolari orasidagi yadroviy kuchlar bir xil.

1) ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \pi^0$ reaksiya 2) ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \pi^0$ reaksiyaga qaraganda taxminan 100 marta kichik ehtimollik bilan sodir bo'lishini tushuntiring.

51. Quyidagi reaksiyalarda o'zaro ta'sir turlarini aniqlang.

$$1. K^- + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \Lambda + \pi^-$$

$$2. {}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \pi^0$$

$$3. p + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^2_1\text{H}$$

$$4. {}^3_2\text{He} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^2_1\text{H}$$

$$5. {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} + \pi^0$$

$$6. \Omega^- \rightarrow K^- + \Lambda$$

$$7. \pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

$$8. n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

52. Odatda π^0 - mezon ikkita γ -kvantga parchalanadi:

$$1. \pi^0 \rightarrow 2\gamma.$$

Lekin parchalanishning boshqa kanallari ham mavjud:

$$2. \pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma$$

$$3. \pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + e^- + e^+$$

π^0 - mezonning 2 – va 3 – kanal bo'yicha parchalanish ehtimolligi qiymati tartibini baholang. Baholash natijasini tajriba natijalari bilan solishtiring.

53. Mezonning uchta kvantga parchalanishi nima uchun taqiqlangan:

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma, \pi^0 \nrightarrow 3\gamma$$

54. K^0 - va \bar{K}^0 - mezonlar bir – biridan nimasi bilan farq qiladi?

55. K^0 - mezon \bar{K}^0 - mezonga aylanishi mumkinmi?

56. Izotopik spin proyeksiyasi $T_z = +\frac{1}{2}$ barion soni $B = +1$ bo'lgan neytral zarraning g'alatiligi S va giperzaryadi Y ni toping va bu zarra turini aniqlang.

57. K^+ - mezonning va Λ^0 va Ω^- giperonlarning kvark tarkibini ko'rsating.

58. Proton, neytron va Σ - giperonlarni kvarklar orqali ifodalang.

59. π^+ , K^- va K^0 mezonlarni kvark va antikvarklar orqali tuzing.

60. K^+ mezon va Λ va Ω^- giperonlarni kvarklar orqali ifodalang.

61. Kosmik nurlardagi tez mezonlarning energiyasi taxminan 300 MeV, bu mezonning tinch holatdagi energiyasi 100 MeV. Laboratoriya soati bo'yicha bu mezon yashash vaqtida atmosferada qancha masofani bosib o'tadi? Mezonning xususiy yashash vaqti $\tau_0 = 2 \cdot 10^{-6}$ sek.

62. Kosmik nurlardagi mezonning kinetik energiyasi $W = 7m_0c^2$, bunda m_0 — mezonning tinch holatdagi massasi. Bu mezonning xususiy yashash vaqti laboratoriya bilan bog'liq koordinatalar sistemasi hisob boshi qilib hisoblangan yashash vaqtdan necha marta kichik bo'ladi?

ILOVALAR

1. Izohli lug'at

№	Nomlanishi			Lug'aviy ma'nosi
	O'zbekcha	Ruscha	Inglizcha	
1	Adron	Адрон	Adron	- (yun. hadrons — katta, o'gir) ma'nosini anglatadi
2	Annigilyatsiya	Аннигиляция	Annihilation	-(lot. annihilatio-yo'qolish) — zarraning antizarra bilan to'qnashishi natijasida boshqa zarralarga aylanish jarayoni.
3	Anomaliya	Аномалия	Anomaly	-(yun. anomalía) — me'yor (norma)dan chetga chiqish (og'ish);
4	Antizarra	Анти-частица	Anti particle	— massasi, spini, izotopik spini, juft-toqligi o'zining "egizak" zarrasining mos parametrlariga o'zaro teng bo'lib, bir-biridan faqat elektr va nuklon zaryadlari, ajibligi, magnit momentlarining ishoralari bilan farq qiladigan elementar zarralar.
5	Assimptotik erkinlik	Асимптотическая свобода	Asymptotic freedom	-kvarklar kichik masofalarda kuchsiz ta'sirlashishlari yoki deyarli ta'sirlashmasligi.
6	Atom	Атом	Atom	- (yun. atomos — bo'linmas) — kimyoviy elementning barcha xossalari o'zida mujassamlashtirgan eng kichik zarrasi
7	Barion	Бариион	Barion	- (yun. barus — og'ir) ma'nosini anglatadi
8	Bozon	Бозон	Bozon	- butun spinli zarralar bozonlar deyilib, Boze-Eynshtein statistikasiga bo'ysunishadi
9	Virtual zarra	Виртуальная частица	Virtual particle	-ba'zi jarayonlarda real zarra hosil bo'lmasdan, oraliq zarra hosil bo'ladi. Bu oraliq zarraga virtual zarra deyiladi
10	Giperzaryad	Гиперзаряд	Hypercharge	-barion zaryadi, g'alatilik kvant soni va maftunkorlik kvant sonlari yig'indisi giperzaryad deb nomlanadi.
11	Giperon	Гиперон	Hyperon	- (giper...) — massasi neytron

				massasidan katta bo'lgan beqaror og'ir barionlar
12	Glyuon	Глюон	Glyuon	- (glue — kley, yelim) ma'nosini anglatadi
13	Graviton	Гравитон	Graviton	- kuchsiz gravitatsion maydon kvanti (zarrasi)
14	Gravitatsiya	Гравитация	Gravity	- (lot. gravitas — og'irlik) ma'nosini beradi
15	Yadro	Ядро	Nucleus	- nuklonlardan — protonlar (p) va neytronlar (n)dan tashkil topgan atom o'zagi
16	Kvant	Квант	Quantum	- (lot. quantum — qancha, nechta) — biror fizik kattalikning diskret (uzlukli) tabiatga ega ekanligini tavsiflovchi va uning eng kichik (bo'linmas) qiymatini ko'rsatuvchi zamonaviy fizikaning asosiy tushunchasi
17	Kvark	Кварк	Quark	- (ing. quark — sirli bir narsa) ma'nosini anglatadi
18	Klassifikatsiya	Классификация	Classification	- (lot. classis — turkum va facio — bo'laman) ma'nosini anglatadi
19	Kollaboratsiya	Коллаборация	Collaboration	-jamoalar yoki tashkilotlarning hamkorligi ma'nosida ishlatiladi
20	Lepton	Лептон	Lepton	- (yun. leptos — yengil, kuchsiz, yupqa, nozik) — ma'nosini anglatadi
21	Molekula	Молекула	Molecule	- (lot. moles-massa, molecula — "massacha") — moddaning kimyoviy xususiyatlarini saqlanadigan eng kichik zarracha
22	Neytron	Нейтрон	Neutron	- (ing. neutron, lot. neuter — unisi ham, bunisi ham emas) ma'nosini anglatadi
23	Pozitron	Позитрон	Positron	- (ing. positive "musbat" + electron "elektron") — elektronning antizarrasi.
24	Proton	Протон	Proton	- (yun. protos — birinchi) ma'nosini anglatadi
25	Rezonans	Резонанс	Resonance	- (lot. resono — aksado beraman, javob beraman) ma'nosini anglatadi

26	Simmetriya	Симметрия	Symmetry	- (yun. symmetria — o'Ichovdosh) (fizikada) — hodisalar, moddalar tuzilishi va ularning fizik xossalari, harakat va saqlanish qonunlarining ayrim almashtirishlarga nisbatan o'zgarmay saqlanish (invariantlik) xususiyatini ifodalovchi tushuncha
27	Fermion	Фермион	Fermion	- kasr spinli zarralar fermionlar deyilib, Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi
28	Elektron	Электрон	Electron	- manfiy zaryadlangan barqaror elementar zarracha
29	Elementar	Элементарный	Elementary	- "eng sodda" degan ma'noni anglatadi
30	Elementar zarra	Элементарные частицы	Elementary particles	- strukturaga ega bo'lmagan va o'zidan boshqa mayda zarraga bo'linmaydigan zarra

1. Elementar zarralar (umumiy ko'rinishda)

№	Zarraning nomi	Belgisi	Massasi (MeV)	O'rtacha yashash davri (s)	Q	B	L_c	L_μ	S	T	J_p	Yemirilish yo'li nisbiy ehtimolligi (%)
1	Foton	Γ	0	barqaror	0	-	-	-	-	-	1	-
2	Elektron neytrinosi	ν_e	0	-	0	-	+1	0	-	-	1/2	-
3	Elektron antineytrinosi	$\bar{\nu}_e$	0	-	0	-	-1	0	-	-	1/2	-
4	Myuon neytrinosi	ν_μ	0	-	0	-	0	+	-	-	1/2	-
5	Myuon antineytrinosi	$\bar{\nu}_\mu$	0	-	0	-	0	-1	-	-	1/2	-
6	Elektron	e^-	0,511	-	-1	-	+1	0	-	-	1/2 ⁺	-
7	Pozitron	e^+	0,511	-	+1	-	-1	0	-	-	1/2 ⁻	-
8	Manfiy myuon	μ^-	106	$2,2 \cdot 10^{-6}$	-1	-	0	+	-	-	1/2 ⁺	$e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ (100)
9	Musbat myuon	μ^+	106	$2,2 \cdot 10^{-6}$	+1	-	0	-1	-	-	1/2 ⁻	$e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e$ (100)

10	Musbat pion	π^+	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-	-	-	1	0 ⁻	$\mu^+ + \nu_\mu$ (100)
11	Manfiy pion	π^-	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-	-	-	1	0 ⁻	$\bar{\mu}^- + \nu_\mu$ (100)
12	Neytral pion	π^0	135	$0,76 \cdot 10^{-16}$	-	-	-	-	-	-	1	0 ⁻	$\gamma + \gamma$ (99) $\gamma + e^+ + e^-$ (1)
13	Musbat kaon	K^+	494	$1,2 \cdot 10^{-8}$	+1	-	-	-	-	+1	1/2	0 ⁻	$\mu^+ + \nu_\mu$ (63) $\pi^+ + \pi^0$ (21)...
14	Manfiy kaon	K^-	494	$1,2 \cdot 10^{-8}$	-1	-	-	-	-	-1	1/2	0 ⁻	$\mu^- + \bar{\nu}_\mu$ (63) $\pi^0 + \pi^-$ (21)...
15	Neytral kaon	K^0	498	$K_1^0 0,86 \cdot 10^{-10}$	0	-	-	-	-	+1	1/2	0 ⁻	$K_1 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ (69), $\pi^0 + \pi^0$ (31)
16	Neytral antikaon	\bar{K}^0	498	$K_2^0 5,4 \cdot 10^{-10}$	0	-	-	-	-	-1	1/2	0 ⁻	$K_2 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0$ (69), $\pi^+ + e^+ + \nu_e$ (31)
17	Eta-mezon	η^0	549	$2,4 \cdot 10^{-19}$	0	-	-	-	-	0	0	0 ⁻	$\pi^+ + \pi^- + \pi^0$ (13), 2γ (37), 3π (23), $3\pi^0$ (30)
18	Proton	P	938,2	barqaror	+1	+1	-	-	-	0	1/2	1/2 ⁺	-
19	Antiproton	\bar{p}	938,2	barqaror	-1	-1	-	-	-	0	1/2	1/2 ⁻	-
20	Neytron	N	939,6	$0,93 \cdot 10^3$	0	+1	-	-	-	0	1/2	1/2 ⁺	$p + e^- + \nu_e$ (100)
21	Antineytro n	\bar{n}	939,6	$2,5 \cdot 10^{-10}$	0	-1	-	-	-	0	1/2	1/2 ⁻	$\bar{p} + e^- + \bar{\nu}_e$ (100)
22	Lambda-giperon	Λ^0	1116	$2,5 \cdot 10^{-10}$	0	+1	-	-	-	+1	0	1/2 ⁺	$p + \pi^-$ (65) $n + \pi^0$ (35)
23	Anti-lambda-giperon	$\bar{\Lambda}^0$	1116	$2,5 \cdot 10^{-10}$	0	-1	-	-	-	-1	0	1/2 ⁻	$\bar{p} + \pi^-$ (65) $\bar{n} + \pi^0$ (35)
24	Sigma-plyus-giperon	Σ^+	1189	$0,8 \cdot 10^{-10}$	+1	+1	-	-	-	+1	1	1/2 ⁺	$p + \pi^0$ (52) $n + \pi^+$ (48)
25	Anti-sigma-plyus-giperon	$\bar{\Sigma}^+$	1189	$0,8 \cdot 10^{-10}$	-1	-1	-	-	-	-1	1	1/2 ⁻	$\bar{p} + \pi^0$ (52) $\bar{n} + \pi^+$ (48)
26	Sigma-nol-	Σ^0	1192	$< 10^{-14}$	0	+1	-	-	-	+1	1	1/2 ⁺	$\Lambda^0 + \gamma$

	giperon											(100)
27	Anti-sigma-nol-giperon	$\bar{\Sigma}^0$	1192	$<10^{-14}$	0	-1	-	-	-1	1	$1/2^-$	$\bar{\Lambda}^0 + \gamma$ (100)
28	Sigma-minus-giperon	Σ^-	1197	$1,5 \cdot 10^{-10}$	-1	+1	-	-	+1	1	$1/2^+$	$n + \pi^-$
29	Anti-sigma minus giperon	$\bar{\Sigma}^-$	1197	$2,5 \cdot 10^{-10}$	-1	-1	-	-	-1	1	$1/2^-$	$\bar{n} + \pi^-$
30	Ksi-nol-giperon	Ξ^0	1315	$3 \cdot 10^{-10}$	0	+1	-	-	-2	$1/2$	$1/2^+$	$\Lambda^0 + \pi^0$
31	Anti-ksi-giperon	$\bar{\Xi}^0$	1315	$3 \cdot 10^{-10}$	0	-1	-	-	+2	$1/2$	$1/2^-$	$\bar{\Lambda}^0 + \pi^0$
32	Ksi-minus giperon	Ξ^-	1321	$1,7 \cdot 10^{-10}$	-1	+1	-	-	-2	$1/2$	$1/2^+$	$\Lambda^0 + \pi^-$
33	Anti-ksi minus giperon	$\bar{\Xi}^-$	1321	$1,7 \cdot 10^{-10}$	+1	-1	-	-	+2	$1/2$	$1/2^-$	$\bar{\Lambda}^0 + \pi^-$
34	Omega minus giperon	Ω^-	1672	$1,3 \cdot 10^{-10}$	-1	+1	-	-	-3	0	$3/2^+$	$\Xi + \pi$ (50) $\Lambda^0 + K^-$ (50)
35	Anti-omega minus giperon	$\bar{\Omega}^-$	1672	$1,3 \cdot 10^{-10}$	-1	-1	-	-	+3	0	$3/2^-$	$\Xi + \pi$ (50) $\bar{\Lambda}^0 + K^-$ (50)

2A. Leptonlar

Zarra	L_e	L_μ	L_τ	Massa (MeV)	Yashash vaqti (s)	Asosiy parchalanish kanali
e^-	+1	0	0	0,511	∞ ($\tau > 2 \cdot 10^{22}$ yil)	
ν_e	+1	0	0	< 46 eV	∞ ($\tau(c) > 3 \cdot 10^2 m(eV)$)	
μ^-	0	+1	0	106	$2,19714 \cdot 10^{-6}$	$e^-, \bar{\nu}_e, \nu_\mu$ (98,6%)
ν_μ	0	+1	0	0,52	∞ ($\tau(c) > 0,11 m(eV)$)	$e^-, \nu_e, \nu_\mu, \gamma$ (1,4%)
τ^-	0	0	+1	1784	$(4,6 \pm 1,9) \cdot 10^{-13}$	ρ^-, ν_τ (22%) $\mu^-, \bar{\nu}_\mu, \nu_\tau$ (18%) $\pi^+, \pi^-, \pi^0, \nu_\tau$ (18%) $e^-, \bar{\nu}_e, \nu_\tau$ (16%) π^-, ν_τ (11%) π^-, ρ^0, ν_τ (7%)
ν_τ	0	0	+1	< 250	?	?

2B. Ba'zi rezonanslarning xususiyatlari

Zarra	B	S	C	T	J^P	Massa (MeV)	Parchalanish kengligi (MeV)	Asosiy parchalanish kanallari
η'	0	0	0	0	0^-	958	$\approx 0,3$	$\eta\pi\pi$ (65%), $\rho^0\gamma$ (30%)
ρ	0	0	0	1	1^-	770	154	$\pi\pi$ (100%)
ω	0	0	0	0	1^-	783	10	$\pi^+\pi^-\pi^0$ (90%), $\pi^0\gamma$ (9%)
φ	0	0	0	0	1^-	1020	4	K^+K^- (49%), $K_L^0K_S^0$ (35%), $\pi^+\pi^-\pi^0$ (14%)
K^*	0	+1	0	$1/2$	1^-	892	51	$K\pi$ (100%)
J/ψ	0	0	0	0	1^-	3097	0,06	Adronlarga (86%), e^+e^- (7%), $\mu^+\mu^-$ (7%)
D^*	0	0	+1	$1/2$	1^-	2010	< 2	$D\pi$ (55%), $D\gamma$ (45%)
Υ	0	0	0	0	1^-	9456	0,04	$e^+e^-, \mu^+\mu^-$
Υ'	0	0	0	0	1^-	10016	0,03	$\Upsilon\pi\pi, e^+e^-$
Υ''	0	0	0	0	1^-	10347	?	e^+e^-
Υ'''	0	0	0	0	1^-	10570	14	e^+e^-
Δ	1	0	0	$3/2$	$3/2^+$	1232	110	$N\pi$ (99,4%)
Σ^*	1	-1	0	1	$3/2^+$	1382	35	$\Lambda\pi$ (88%), $\Sigma\pi$ (12%)
Ξ^*	1	-2	0	$1/2$	$3/2^+$	1532	9	$\Xi\pi$ (100%)

2C. Haqiqiy elementar zarralarning xarakteristikallari

Zarralar sinfi	Zarra	Massa MeV	J^P	L	B	S	C	T	T_3	Q	S	E	W	G	
Ta'sir tashuvchilar	S	8g	0	1	0	0	-	-	-	0	+	-	-	+	
	E	Γ	0	1	0	0	-	-	-	0	-	+	-	+	
	W	W^+	$\approx 8 \cdot 10^4$	1	0	0	-	-	-	-	+1	-	+	+	+
		W^-	$\approx 8 \cdot 10^4$	1	0	0	-	-	-	-	-1	-	+	+	+
		Z^0	$\approx 9 \cdot 10^4$	1	0	0	-	-	-	0	0	-	-	+	+
		H^0	$\geq 7 \cdot 10^3$	0	0	0	-	-	-	-	0	-	-	+	+
	G	G	0	2	0	0	-	-	-	-	0	-	-	-	+
		ν_G	0	3/2	0	0	-	-	-	-	0	-	-	-	+
	Leptonlar	e^-	0,511	1/2	1	0	-	-	-	-	-1	-	+	+	+

	ν_e	0	1/2	1	0	-	-	-	-	0	-	-	+	+
	μ^-	105,7	1/2	1	0	-	-	-	-	-1	-	+	+	+
	ν_μ	0	1/2	1	0	-	-	-	-	0	-	-	+	+
	τ^-	1784	1/2	1	0	-	-	-	-	-1	-	+	+	+
	ν_τ	0	1/2	1	0	-	-	-	-	0	-	-	+	+
Kvarklar	3u	≈ 4	$1/2^+$	0	1/3	0	0	1/2	+1/2	+2/3	+	+	+	+
	3d	≈ 8	$1/2^+$	0	1/3	0	0	1/2	-1/2	-1/3	+	+	+	+
	3c	≈ 1350	$1/2^+$	0	1/3	0	+1	0	0	+2/3	+	+	+	+
	3s	≈ 150	$1/2^+$	0	1/3	+1	0	0	0	-1/3	+	+	+	+
	3t	>2200 0	$1/2^+$	0	1/3	0	0	0	0	+2/3	+	+	+	+
	3b	≈ 4700	$1/2^+$	0	1/3	+1	+1	0	0	-1/3	+	+	+	+

2D. 1. Kvarklar xarakteristikallari

Kvark	Belgisi	J	B	T	T_3	Y	S	q
yuqori (up)	u	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}$	0	$+\frac{2}{3}e$
past (down)	d	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{3}$	0	$-\frac{1}{3}e$
g'alati (strange)	s	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{2}{3}$	-1	$-\frac{1}{3}e$

2D. 2. Kvarklar xarakteristikallari

Kvark	Belgisi	J	η_c	B	T	T_3	Y	S	C	B_c	T_c	q
maftunkor (charmed)	c	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$+\frac{4}{3}$	0	+1	0	0	$+\frac{2}{3}$
tub (botton)	b	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$-\frac{2}{3}$	0	0	+1	0	$-\frac{1}{3}$
cho'qqi (top)	t	$\frac{1}{2}$	+1	$+\frac{1}{3}$	0	0	$+\frac{4}{3}$	0	0	0	0	$+\frac{2}{3}$

2E. Fundamental zarralarning xarakteristikallari

Zarra	Kvark tarkibi	S	C	T	T_3	Anti zarra	Kvark tarkibi	S	C	T	T_3	Massa MeV	Yashash vaqti, s
π^0	$\frac{u\bar{u} - d\bar{d}}{\sqrt{2}}$	0	0	1	0	$\bar{\pi}^0$	$\frac{u\bar{u} - d\bar{d}}{\sqrt{2}}$	0	0	1	0	134,98	$8,4 \pm 0,6 \times 10^{-17}$

π^-	$\bar{u}d$	0	0	1	-1	π^+	$u\bar{d}$	0	0	1	+1	139,5	$2,6 \times 10^{-8}$
π^+	$u\bar{d}$	0	0	1	+1	π^-	$\bar{u}d$	0	0	1	-1	139,5	$2,6 \times 10^{-8}$
P	uud	0	0	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	\bar{P}	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	938,3	$> 10^{33}$ yil
n	udd	0	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	\bar{n}	$\bar{u}\bar{d}\bar{d}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	939,6	$885,7 \pm 0,8$

2F. G'alati zarralar xarakteristikallari

Zarra	Kvark tarkibi	S	T	T_3	Anti-zarra	Kvark tarkibi	S	T	T_3	Massa, MeV	Yashash vaqti, s
K^+	$u\bar{s}$	+1	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	K^-	$s\bar{u}$	-1	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	493,7	$1,24 \times 10^{-8}$
K^0	$d\bar{s}$	+1	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	\bar{K}^0	$\bar{d}s$	-1	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	497,7	$0,89 \times 10^{-10}$ $5,17 \times 10^{-8}$
Λ^0	uds	-1	0	0	$\bar{\Lambda}^0$	$\bar{u}\bar{d}\bar{s}$	+1	0	0	1115,7	$2,63 \times 10^{-10}$
Σ^+	uus	-1	1	+1	$\bar{\Sigma}^+$	$\bar{u}\bar{u}\bar{s}$	+1	1	-1	1189,4	$0,80 \times 10^{-10}$
Σ^0	uds	-1	1	0	$\bar{\Sigma}^0$	$\bar{u}\bar{d}\bar{s}$	+1	1	0	1192,6	$7,4 \times 10^{-20}$
Σ^-	dds	-1	1	-1	$\bar{\Sigma}^-$	$\bar{d}\bar{d}\bar{s}$	+1	1	+1	1197,5	$1,48 \times 10^{-10}$
Ξ^0	uss	-2	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$\bar{\Xi}^0$	$\bar{u}\bar{u}\bar{s}$	+2	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	1314,8	$2,90 \times 10^{-10}$
Ξ^-	dss	-2	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$\bar{\Xi}^-$	$\bar{d}\bar{s}\bar{s}$	+2	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	1321,3	$1,64 \times 10^{-10}$
Ω^-	sss	-3	0	0	$\bar{\Omega}^-$	$\bar{s}\bar{s}\bar{s}$	+3	0	0	1672,5	$0,82 \times 10^{-10}$

2. Fizik doimiylar

Yorug'likning vakumidagi tezligi	$c = 2,998 \cdot 10^{10} \text{ sm/sek}$
Gravitatsiya doimiysi	$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ sm}^3 / (\text{g} \cdot \text{sek}^2) = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{sek}^2}$
Avogadro soni	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Loshmidt soni	$n_0 = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$
Universal gaz doimiysi	$R = 8,314 \cdot 10^7 = 8,314 \text{ J} / (\text{grad} \cdot \text{mol})$
Ideal gaz standart hajmi	$V_0 = 22,421 \text{ l/mol}$
Bolsman doimiysi	$k = 1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/grad} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/grad}$

Plank doimiysi	$\begin{cases} h = 6,625 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sek} \\ \hbar = h / 2\pi = 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sek} \end{cases}$
Elementar zaryad	$e = 4,803 \cdot 10^{-10} \text{ SGSE} = 1,601 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Faradey soni	$F = eN_A = 96520 \text{ Kg} / \text{ekV}$
Og'irlik kuchi tezlanishi	$g = 980,655 \text{ sm} / \text{sek}^2 = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{sek}^2}$
Stefan – Bolsman doimiysi	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{ Vt} / (\text{sm}^2 \cdot \text{grad}^4) = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Vt} / (\text{m}^2 \cdot \text{grad}^4)$
Vin siljish qonuni doimiysi	$\nu = \lambda_n T = 0,29 \text{ sm} \cdot \text{grad}$
Ridberg doimiysi	$R_\alpha = 109737,3 \text{ lsm}^{-1}$
Birinci Bor radiusi	$r_1 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$
Vodorod atomi elektroni bog'lanish energiyasi	$E = \frac{m_e e^4}{2\hbar^2} = 13,59 \text{ eV}$
Kompton to'liq uzunligi	$\Lambda = \frac{h}{m_e c} \begin{cases} 3,86 \cdot 10^{-11} \text{ sm} \\ 2,10 \cdot 10^{-14} \text{ sm} \end{cases}$ (mos holda e^- va p uchun)
Elektronning klassik radiusi	$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2,818 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$
Nozik struktura doimiysi	$\alpha = e^2 / \hbar c = 1/137$
Bor magnetoni	$M_b = \frac{e\hbar}{2m_e c} \approx 0,927 \cdot 10^{-20} \text{ erg} / e$ $M_B = (9,274078 \pm 0,000036) \cdot 10^{-21} \text{ erg} / \text{Gs}$
Yadro magnetoni	$M_{ya} = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ erg} / e$
Massaning atom birligi	$1 \text{ m.a.b} = \begin{cases} 1,660 \cdot 10^{-24} \text{ g} \\ 931,44 \text{ MeV} \end{cases}$
Elektron massasi	$m_e = 9,108 \cdot 10^{-28} \text{ g} = 0,0005485802 \text{ m.a.b}$
Proton massasi	$m_p = 1,6724 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,00782 \text{ m.a.b}$
Neytron massasi	$m_n = 1,6748 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,00866 \text{ m.a.b}$
α - zarracha massasi	$m_\alpha = 6,6444 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 4 \text{ m}_n$
Proton massasining elektron massasiga nisbati	$\frac{m_p}{m_e} = 1836,16$

2. Ayrim kattaliklar orasidagi bog'lanishlar

$1 \text{ A}^0 = 10^{-8} \text{ sm}$
$1 \text{ fermi} = 10^{-13} \text{ sm}$
$1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ sm}^2$
$1 \text{ yil} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ sm}$
$1 \text{ bar} = 10 \text{ din} / \text{sm}^2$
$1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg} = 0,239 \text{ kal} = 6,242 \cdot 10^{18} \text{ eV}$
$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
$1 \text{ kal} = 4,18 \text{ J}$
$1 \text{ atm} = 1,014 \cdot 10^6 \text{ din} / \text{sm}^2$
Radioaktivlik va doza birliklari
$1 \text{ kyuri} = 3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{juft}}{\text{sek}}$
$1 \text{ rentgen} = 0,114 \text{ erg}$ yutilgan energiyaga teng. $1 \text{ rad} = 1 \text{ G}$ moddada yutilgan 100 erg energiyaga teng.
1 ber biologik to'qimada yutilgan 1 rad rentgen yoki γ -gamma nurlanishga teng.

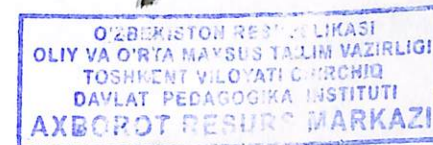
ADABIYOTLAR

1. K.R.Nasriddinov, N.Z.Rajabov, D.K.Nasriddinov. Elementar zarralar fizikasi. Uslubiy qo'llanma. – Toshkent, 2014. TDPU nashriyoti, 4.1 b.t.
2. Ф.А.Королев. Физика курси. Оптика, атом ва ядро физикаси. – Тошкент. Ўқитувчи, 1978. – 622 б.
3. Р.Б.Бекжонов. Атом ядроси ва зарралар физикаси. – Тошкент. Ўқитувчи, 1995. –576 б.
4. R.N.Bekmirzayev, M.H.Samadov. Yadro va elementar zarrachalar fizikasi. Uslubiy qo'llanma. – Jizzax. 2015. –70 b.
5. K.R.Nasriddinov, A.G.Parsoxonov, M.Yu.Mansurova, N.Rajabov. Izotopik fazo va izotopik spin // Pedagogik ta'lim. –Toshkent, 2005. -№6. –B. 25-27.
6. K.R.Nasriddinov, A.G.Parsoxonov, M.Yu.Mansurova, N.Rajabov. G'alati zarralar sinfi va g'alatilik kvant soni // Pedagogik ta'lim. –Toshkent, 2005. -№6. –B. 25-27.
7. K.R.Nasriddinov, A.G.Parsoxonov, M.Yu.Mansurova, N.Rajabov. Maftunkor zarralar sinfi va maftunkorlik kvant soni // Pedagogik ta'lim. – Toshkent, 2005. -№6. –B. 25-27.
8. K.R.Nasriddinov, M.Sapaev, M.Yu.Mansurova, L.Djuraeva. Simmetriyalar va saqlanish qonunlari // Pedagogik ta'lim. – Toshkent, 2005. -№3. –B. 26-28.
9. T.M.Mo'minov, A.B.Xoliqulov, Sh.X.Xushmurodov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. O'quv qo'llanma. –Toshkent. Faylasuflar jamiyati, 2009. –288 b.
10. K.R.Nasriddinov, M.Sapaev, M.Yu.Mansurova. Zarralar fizikasi o'lchov tushunchalari va birliklari // Pedagogik ta'lim. –Toshkent, 2004. -№ 5. –B. 25-28.
11. В.Л.Гинзбург, Л.М.Левин, М.С.Рабинович, Д.В.Сивухин. Сборник задач по общему курсу физики. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц./Под ред. Д.В.Сивухина. М.: Физматлит; ЛАНЬ, 2006. – 184 с.
12. В.С.Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики. Учебное пособие. М.: Наука. Физматлит. 1985. – 384 с.
13. А.Г.Загуста, Г.А.Макеева, А.С.Микулич, И.Ф.Савицкая, М.С.Цедрик. Умудий физика курсидан масалалар тўплами. –Тошкент. Ўқитувчи, 1991. – 237 б.
14. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике: Учебное пособие. –М.: Наука. Физматлит. 1988. – 416 с.
15. А.Б.Климовский. Сборник задач для контрольных работ по физике: Для студентов заочно-вечерней формы обучения. –Ульяновск. 2005. –65 с.

MUNDARIJA

Kirish	3
Elementar zarralar fizikasining rivojlanish tarixi va elementar zarra tushunchasi.....	4
Elementar zarralar haqida ma'lumotlar	7
Fundamental o'zaro ta'sirlar, zarralar klassifikatsiyasi va xarakteristikalar.....	15
Zarralar fizikasi asosiy tushunchalari	
Spin tushunchasi.....	25
Izotopik fazo va izotopik spin (izospin)	32
Fundamental zarralar sinfi.....	36
G'alati zarralar sinfi	38
Maftunkor zarralar sinfi.....	43
Simmetriya va saqlanish qonunlari.....	47
Zarralar fizikasida o'lchov tushunchalari va birliklar	53
Zarralarning o'zaro bir – biriga aylanishlari.....	58
Xulosa o'rnida. Materiya to'g'risidagi zamonaviy qarashlar	73
Elementar zarralar fizikasi bo'yicha talabalar bilimni baolshga yo'naltirilgan savollar.....	78
Nazariy ma'lumotlarni mustahkamlashga yo'naltirilgan testlar	81
Elementar zarralar fizikasidan masalalar	100
Illovalar	111
Adabiyotlar.....	123

– 11545 –



UMUMIY FIZIKA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI ASOSLARI

Pedagogika oliy ta'lim muassasalari uchun o'quv qo'llanma

**NASRIDDINOV KOMILJON RAXMATOVICH
MADALIYEV AKMALJON MAXAMMADJONOVICH**

*Muharrir: X. Tahirov
Texnik muharrir: T. Raxmatullayev
Musahhih: N. Ismatova
Sahifalovchi: A. Muhammad*

Nashr. lits № 2244. 25.08.2020 y.
Bosishga ruxsat etildi 24.09.2021 y.
Bichimi 60x84 1/16. Ofset qog'ozi. "Times New Roman"
garniturasida. Hisob-nashr tabog'i. 6,5.
Adadi 100 dona. Buyurtma № 60.

«ZEBO PRINTS» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh., Yashnobod tumani, 22-harbiy shaharcha.



**ISHONCHLI
HAMKOR
NASHRIYOTI**

ISBN 978-9943-7092-8-7



9 789943 709287

