

KWARKLAR – HAKYKY ELEMENTAR BÖLEJIKLER

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň: “Umumybilim berýän, orta hünär we ýokary hünär okuw mekdeplerinde döwürň talaplaryna laýyk gelýän okuw dersleriniň okadylmagyny, okatmagyň öňdebaryjy usullarynyň giňden ornaşdyrylmagyny gazanmaly, talyplara häzirkî zaman hünär endikleriniň öwredilmegini, ökde, ukyply, ussat hünärmenleriň taýýarlanmagyny ýola goýmaly” [1] diýen paýhasly pikirlerinden ugur alyp, häzirkî zaman fizikasynyň ýeten sepgitlerine degişli nazary maglumatlary maksadalaýyk derejede talyplara öwretmek biziň gaýragoýulmasyz wezipämiz bolup durýar.

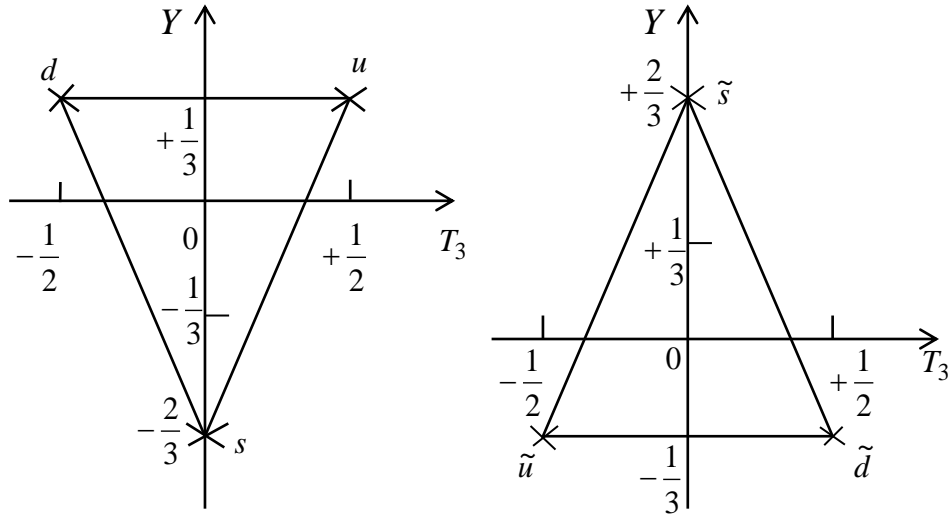
Makalada elementar bölejikleriň fizikasynyň esasy düşünjeleriniň biri bolan kwarklar baradaky maglumatlary beýan etmegiň aýratynlyklaryna seredilýär.

Kwark – içki gurluşy bolmadyk, nokatlanç bölejik hasap edilýär. Olaryň çyzykly ölçegleri protonyň ölçeginden takmyny 20 münň esse kiçi bolan bölejik hasaplanylýar. “Adronlar - kwarklardan düzülen bölejikler” diýen çaklama 1964-nji ýylda amerikan fizikleri M. Gell-Mann we J.Sweýg tarapyndan teklip edildi. Çaklamada adronlaryň unitar tripletlerine izodubletlere meňzeşlikde seredilip, adronlaryň kwarkly modeli döredildi.

Kwarklaryň şol wagta çenli ýüze çykarylan bölejiklerden häsiýetli aýratynlygy olaryň drob elektrik zarýadyna eýe bolýanlygydyr. Kwarklaryň elektrik zarýady $e/3$ -ululyga kratnyý hasap edilýär (bu ýerde e - elektronyň zarýady).

Ilki üç sany kwark girizildi. Zarýady $(+2/3)e$ bolan - *u kwark* (up iňlis sözi bolup, *ýokarky* diýmekdir), zarýady $(-1/3)e$ bolan - *d kwark* (*down* iňlis sözi bolup, aşakky diýmekdir) we zarýady $(-1/3)e$ bolan - *s kwark* (*strange* iňlis sözi bolup, geň diýmekdir) diýip atlandyryldy.

Edil beýleki elementar bölejikler ýaly kwarklaryň hem garşylykly bölejikleri (antikwarklary) bar. Kwarklaryň we antikwarklaryň agramlar boýunça diagrammasy 1-nji suratda şekillendirilen. Bu üç kwarkyň häsiýetnamalary 1-nji tablisada berilýär.



1-nji surat

1-nji tablisa

Kwarklar		u - ýokarky (up)	d - aşakky ($down$)	s - geň ($strange$)
Hasiýetnamalary				
1.	Unitar spinleri, (t_1, t_2)	$(1/2, 0)$	$(1/2, 0)$	$(1/2, 0)$
2.	Spini, J	$1/2$	$1/2$	$1/2$
3.	Giňişlik jübitligi, η_p	$+1$	$+1$	$+1$
4.	Barion zarýady, B	$+1/3$	$+1/3$	$+1/3$
5.	Izospini, T	$1/2$	$1/2$	0
6.	Izospiniň proyeksiýasy, T_3	$+1/2$	$-1/2$	0
7.	Giperzarýady, Y	$+1/3$	$+1/3$	$-2/3$
8.	Geňligi, S	0	0	-1
9.	Elektrik zarýady, q	$+2/3 e$	$-1/3 e$	$-1/3 e$
10.	Massasy, $m (MeV)$	$2,3$	$4,8$	98

Antikwarklaryň J -spini we T -izospinden başga ähli kwant sanlary kwarklaryňka ululygy boýunça deň, alamaty boýunça garşylykly hasap edilýär, $(t_1, t_2) = (0, 1/2)$.

Kwarklar ilki diňe adronlaryň düzümlü gurluşyny düşündirmek maksady bilen girizilýär. Bu baglanyşykda “unitar spinleri” (t_1, t_2) hasaplamak örän wajypdyr. Kwarklara $(1/2, 0)$ we antikwarklara $(0, 1/2)$ degişli elementar „unitar spinleri“ hasaplamak üçin dört sany formula peýdalanylýar:

$$(1/2, 0) \otimes (1/2, 0) = (1/2, 0) \oplus (1, 0); \quad (1a)$$

$$(1/2, 0) \otimes (0, 1/2) = (0, 0) \oplus (1/2, 1/2); \quad (1b)$$

$$(1/2, 0) \otimes (1/2, 0) \otimes (1/2, 0) = (0, 0) \oplus (1/2, 1/2) \oplus (1, 1/2) \oplus (3/2, 0); \quad (1\text{ç})$$

$$(1/2, 0) \otimes (0, 1/2) \otimes (1/2, 0) = (1/2, 0) \oplus (1/2, 0) \oplus (0, 1) \oplus (1, 1/2), \quad (1d)$$

ýa-da

$$3 \times 3 = 3 + 6, \quad (2a)$$

$$3 \times \bar{3} = 1 + 8, \quad (2b)$$

$$3 \times 3 \times 3 = 1 + 8 + 8 + 10, \quad (2\text{ç})$$

$$3 \times \bar{3} \times 3 = 3 + 3 + \bar{6} + 15. \quad (2d)$$

Mysal üçin, (1a) formula kwarklaryň we antikwarklaryň tolkun funksiýalarynyň köpeltmek hasyly unitar multiplerleriň tolkun funksiýasynyň $(0, 0)(1/2, 1/2)$ kombinirlenýändigini aňladýar. Şeýle-de (2b) formula degişli multiplerleriň ölçeglerinde kemala getirilendigini tassyklaýar, bu ýerde 3-lik sanyň üstünde goýulan çyzyk antikwarklaryň tripletiniň ölçeglerini hasaba alýandygyny aňladýar.

Singletler, oktuplerler we dekuplerler diňe (1b) we (1ç) hatara dargamalarda gabat gelyändigine üns berip, şonuň esasynda kwarklaryň modeli bilen sekizlik formalizminiň baglanyşygy ýüze çykarylýar hem-de hakykatda bar bolan mezonlaryň (μ) we barionlaryň (B) düzümini gurmagyň umumy prinsipini görkezýär.

$$\mu = \tilde{q}q, \quad B = qq\bar{q}. \quad (3)$$

Şeýlelikde, mezonlar bir sany q kwarkdan we bir sany \tilde{q} antikwarkdan düzülýärler. Mezon oktupleriniň agzalarynyň tolkun funksiýalary zaryad tolkun funksiýasyna meňzeşlikde gurulýar.

Bu seredilýän modelde barionlar üç sany kwarkdan düzülýärler. Beýle düzümde barionyň barion zaryadynyň bire deň bolmagy ($B = +1$), kwarklaryň barion zaryadynyň drob görnüşinde aňlatmaklygy talap edýär. (1ç) aňlatma laýyklykda üç kwarkdan barion oktuplerini gurmak mümkin. Bu toparlaryň agzalarynyň kwant sanlarynyň dogry baha eýe bolmaklary üçin olaryň kwark düzümi aşakdaky tertipde bolmaly:

$$\begin{aligned} n &= udd, \quad P = uud; \\ \Lambda^0 &= uds; \\ \Sigma^- &= dds, \quad \Sigma^0 = uds, \quad \Sigma^+ = uus; \\ \Xi^- &= dss, \quad \Xi^0 = uus. \end{aligned} \quad (4)$$

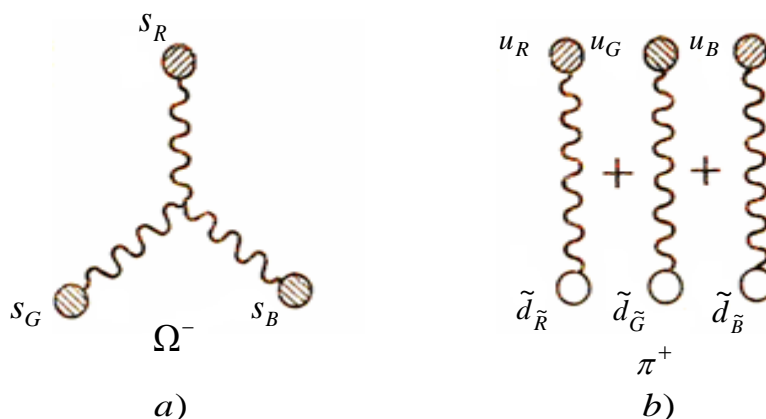
Üç kwarkly ulgamlar iň kiçi massa eýe bolup, orbital momenti nola deň bolan esasy halda bolýarlar.

Kwarklaryň spininiň ýarym bitin baha eýe bolmagy olaryň Fermi-Diragyň statistikasyna boýun egmelidigini hem-de olara Pauliniň gadaganlyk prinsipiniň ulanarlyklydygyny aňladýar. Başga tarapdan barionlar kwarklardan düzülende ählisi meňzeş hem-de esasy halda diýlip kabul edilýär. Muňa mysal edip, Ω^- -

giperona seredeliň, ol $s \uparrow s \uparrow s \uparrow$ spinler özara parallel bolan birmeňzeş kwarklardan düzülýär. Beýle ýagdaýa Pauliniň prinsipi ýol bermeýär. Bu kynçylykdan çykmak üçin her bir kwarkyň halynyň üç esse artdyrylmasy talap edilýär.

1965-nji ýylda H.H.Bogolýubow, B.W. Strumenskiý, A.H. Tawhelidze we bulara baglanyşyksyzlykda I.Nambu, M.Han tarapyndan her kwarkyň 1-nji tablisada görkezilen häsiýetnamalardan başga ýene-de bir kwant san bilen häsiýetlendirilip, ol hem öz gezeginde üç sany baha eýe bolýandygy baradaky çaklama teklipe edildi. Bu häsiýetnama reňk diýlip atlandyryldy. Elbetde, bu adalganyň görüşi fiziologiýasy bilen hiç hili baglanyşygy ýok, emma abstrakt tassyklamany dilden beýan etmek we aýdyň göz önüne getirmek üçin girizilýär. Şeýlelikde, her bir kwark üç reňkde bolup bilýär we köplenç gyzyl R (*red*), ýaşyl G (*green*) we mawy B (*blue*) reňkler görnüşinde seredilýär. Antikwarklar „antireňkler“ bilen häsiýetlendirilýär we $\tilde{R}, \tilde{G}, \tilde{B}$ antikwarklar degişlilikde gyrgyzy T (*turquoise*), gögümtil-mawy M (*magenta*), sary Y (*yellow*) reňkler görnüşinde seredilýär. Beýle adalgany ulanmak ýöne ýerden däl. R, G we B - esasy reňkler goşulanda ak reňk emele gelýär. Şeýle-de reňkler we antireňkler goşulyp, reňksizlik emele gelýär. Täze kwant sanynyň girizilmegi bilen iki sany goşmaça düzgün girizilýär:

- barionlar üç sany dürli reňkli kwarklardan düzülýär (2-nji a surat).
- mezonlar bir kwarkdan we bir antikwarkdan düzülýär (2-nji b surat).



2-nji surat

Birinji düzgün reňk kwant sanynyň girizilmegi bilen baglanyşykly şerti gaýtalaýar. Ikinji düzgünü aşakdaky ýaly göz önüne getirmek mümkin: mezon kwark we antikwarkdan düzülýär, ilki R we \tilde{R} reňkde soňra G we \tilde{G} reňke ondan soň, B we \tilde{B} reňke, täzedan R we \tilde{R} reňke we ş.m. çalyşyp durýar.

Bu düzgün örän gysga beýana eýe bolýar: ähli hakyky bar diýlip hasap edilýän adronlaryň reňki ak bolmaly. Şeýle-de, dikwarklar ýüze çykmaýar, ýagny baglanyşykly $q-q$ görnüşdäki miltipletleri iki kwarkdan doldurylmaly halynyň mümkin dældigine görä iki sany esasy reňkiň goşulmagy ak reňki bermeýändigini üçindir.

Reňk kwant sanynyň girizilmegi güýçli özara täsiriň täze simmetriýasynyň postulaty, ýagny reňk simmetriýasynyň hem bolmalydygyny esaslandyrýar.

Hakykatda reňk simmetriýasy öz tebigaty boýunça unitar simmetriýa meňzeş, emma degişli özgertmeler kwarklaryň görnüşini däl-de olaryň reňkini hasaba alýar. Bu bolsa hususy halda, şol bir görnüşli, emma dürli reňkli kwarklaryň deň massa eýe bolmalydygyny aňladýar.

Reňk simmetriýasy boýunça kwarklar baradaky goşmaça düzgüni aşakdaky ýaly beýan etmek mümkin: ähli adronlar reňkli singletler görnüşinde bolmalydyr. (1) formuladan singletleriň 1b) we 1ç) dargamalara gatnaşýandygy gelip çykýar. Şeýlelikde, kwark halynyň üç esse artmagy adronlar düzülende ýüze çykýan ähli gapma-garşylyklary aradan aýyrýar.

Kwarklaryň reňk kwant sany ykrar edilen soň, dürli görnüşli kwarklar „hoşboý ysly“ diýlip atlandyryldy. Başgaça aýdylanda üç sany dürli reňke eýe bolýan täze „hoşboý ys“ kwant sany girizildi: u, d, s . u - hoşboý ys izospininiň $T = +1/2$ deň bolýandygy bilen baglanyşykly (izospini „ýokary ugrukdyrylan“), d - hoşboý ys izospininiň $T = -1/2$ deň bolýandygy bilen baglanyşykly (izospini „aşak ugrukdyrylan“), s - hoşboý ys „geňlik“ kwant sanynyň nola deň bolmadyk ($S = -1$) hal bilen baglanyşyklydyr.

Şeýlelikde, Gell-Mannyň-Sweýgiň umumylaşdyrylan birnäçe kwark modellerinde jemi 18 sany fundamental bölejik bolup, şolaryň hasabyna adronlar emele getirildi: kwarklar üç reňkde we üç sany hoşboý ysly, antikwarklar üç „antireňkli“ we üç sany „anti hoşboý ysly“ hallarda bolýar diýlip kabul edildi. Emma soňy bilen ähli adronlary gurmak üçin bularyň hem ýeterlik dældigi belli boldy. Ilki C “täsin” (iňlisçe “charm” sözünden) bilen baglanyşykly täze hoşboý ysly c kwark girizmeli boldy. Ol üç reňkli görnüşde bolup, oňa degişli antibölejik \tilde{c} bolmaly. c - kwarkyň kwant sanlary: $J = 1/2$, $\eta_p = +1$, $B = +\frac{1}{3}$, $T = T_3 = 0$,

$S = 0$, $C = +1$, $Y = +\frac{4}{3}$, $q = +1/3$ (indiden beýläk $Y = B + S + C$).

Bu kwark 1970-nji ýylda Ş. Gleşou, J. Iliopoulos we L. Maýani tarapyndan üç kwarkyň (u, d, s) islenilmeýän näsazlyklaryny aradan aýyrmak üçin girizilýär (GIM mehanizmi).

1974-nji ýylda J/Ψ (ýotta-psi) - mezon açyldy we GIM mehanizmi tassyklady hem-de kwarklaryň fiziki manysyny esaslandyrdy.

1974-nji ýyly çenli kwarklar köp fizikler üçin sekizlik formalizmini aýdyňlaşdyrmak maksady bilen girizilen bölejikler hökmünde kabul edilip gelindi. Emma indi kwarklar fiziki taýdan hakyky mana eýe bolup, teoretiki shemalaryň örän wajyp elementine öwrüldi, şol sanda fundamental özara täsirleriň tebigatyny aýdyň ýüze çykardy. Umuman, J/Ψ - bölejigiň açylmagy bilen elementar bölejikleriň fizikasynyň ösüşiniň täze döwri başlandy.

Dördünji kwarkyň girizilmegi bilen hem mesele gutarnykly çözümedi. 1979-njy ýylda Υ (ipsilon)- mezon üç sany oýandyrylan haly bilen ýüze çykaryldy. Bu elementar bölejik $\tilde{b} - b$ ulgamy baglanyşdyrylan bölejik hökmünde teswirlendi, b -täze girizilen başinji kwark öz hoşboý ysna eýe bolup, oňa “owadan” (iňlisçe

“beauty” sözünden) käte “potensial çukuryň düýbi” (iňlisçe “bottom” sözünden) diýlen adalgalar arkaly atlandyryldy. Başinji kwarka täze kwant san berlip, “owadan” b kwant sany diýlip atlandyryldy. Şonuň bilen baglanyşykda doly giperzarýadyň formulasyna otrisatel baha bilen girýän b ululyk girizildi.

$$Y = B + S + C - b$$

b – kwarkyň kwant sanlarynyň toplumy aşakdaky ýaly:

$$J = 1/2, \eta_p = +1, B = +1/3, T = T_3 = 0, S = 0,$$

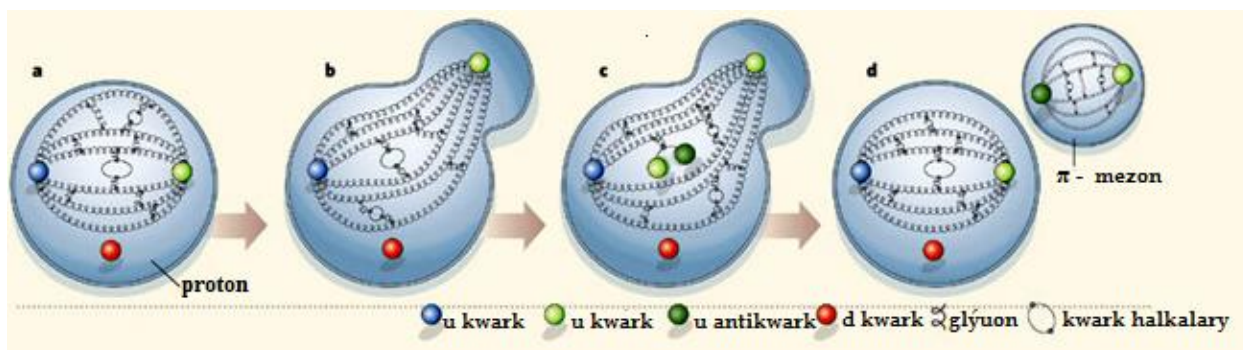
$$C = 0, b = +1, Y = -2/3, q = -1/3.$$

1975-nji ýylda garaşylmadyk ýagdaýda başinji lepton, ýagny τ^- - lepton açyldy. τ^- bilen birlikde onuň neýtrinosynyň bolmagy tebigydyr. Kwark-lepton simmetriýasynyň bardygyna bolan ynam fizikleri ýene-de bir sany kwarky, ýagny altynjy kwarky girizmeklige mejbur etdi. Ol iňlisçe *truth* (hakyky) ýa-da *top* (depe) sözüniň birinji harpy bilen belgilendi. Bu kwarkyň elektrik zarýady $q = +2/3$ -e deňdir we altynjy hoşboý ys we şunuň bilen birlikde „hakyky“ diýlip atlandyrylýan kwant san girizildi. Güýçli depgin bilen J/Ψ we Υ mezonlar emele getirýän $\tilde{t} - t$ toponiýa gözlenilip başlanyldy. 1979-1980-nji ýyllarda Germaniýada maňlaýma-maňlaý duşuşýan elektron-pozitron akym desseleri bilen “PETRA” tizlendirijide geçirilen tejribeleriň netijesinde, eger J/Ψ we Υ bölejikler bar bolsa, onda olaryň massasy $43 GeV$ -dan ýokary boljakdygy tassyklanyldy.

Ýokarda beýan edilenlerden başga-da kwarklaryň käbir aýratynlyklaryna seretmek maksadalaýykdyr.

Köp sanly eksperimental derňewleriň netijeleri protonlaryň, neýtronlaryň we beýleki adronlaryň hakykatdan hem “materiýanyň tokgajyklaryndan” düzülendigini we olaryň bir-birine görä hereket edýändigine garamazdan glýuon güýçleri arkaly bir-birine hemişelik birleşdirilendigini görkezýär.

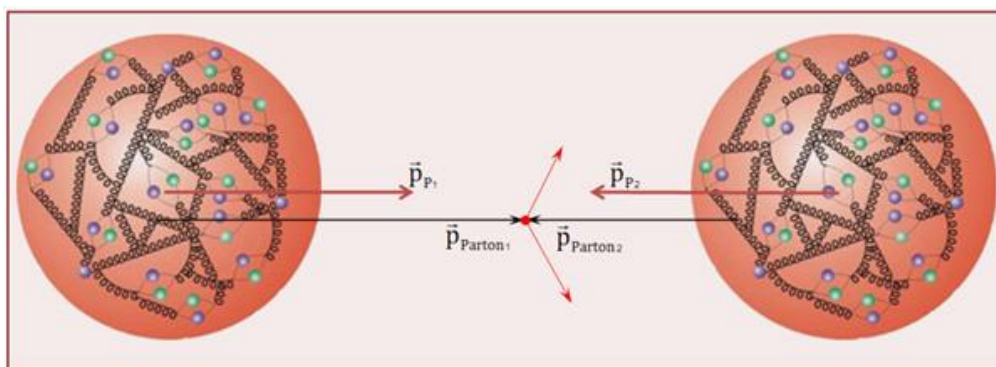
Protony aýry-aýry kwarklara bölmek, bir kwarky beýlekilerden aýryp almak başartmaýar. Bir kwarky protondan aýryp almak üçin ýeterlik güýç goýlan dessine – glýuon meýdany kwark-antikwark jübütini döredýär. Protondan ýeke kwarkyň bölünip aýrylmagynyň ýerine mezon bölünip çykýar. Proton ýene-de protonlygyna galýar. Bu hadysa adronlaşma – “adrona öwrülme” diýilýär (3-nji suratda adronlaşma tapgyrlyýyn görkezilen).



3-nji surat

Kwarklaryň beýle özüni alyp barşyna “konfaýnment” (*confinement* iňlis sözi bolup, ýesirlikde saklanmak diýen manyny aňladýar) diýilýär. Ýeke kwarkyň erkinlikde bolmaýandygy sebäpli, kwarklar elmydama adronlaryň düzümünde bolýarlar we kwarky adrondan çykaryp bolmaýar diýlen netije alynýar.

Adronlar düzümlü bölejikler diýlende hem, onuň käbir gizlin taraplarynyň bardygyny göz önünde tutmak zerur. Mysal hökmünde “protonlar üç kwarkdan düzülen” diýen tassyklama seredeliň. Bu tassyklama dynçlykda duran ýa-da haýal hereket edýän protonlar üçin dogrudyr. Eger proton ýagtylygyň tizligine golaý tizlik bilen hereket edýän bolsa onda onuň düzümi düýpgöter üýtgeýär: protonyň içinde köp sanly kwarklar, antikwarklar we glýuonlar “täzeden dörän ýaly” (olaryň toplumy partonlar diýlip atlandyrylýar) köpeliپ ykjam bitewi bulut görnüşde öňe okdurylýarlar we bir bitewi proton hökmünde seredilýär. Uly tizlik bilen hereket edýän protonlaryň çaknyşmasynda olaryň içindäki bölejikleriň (partonlaryň) ählisiniň çaknyşmasy amala aşman, eýsem, proton buludynyň her birinden diňe bir sany parton (seýrek ýagdaýda köp) çaknyşma girýär (4-nji suratda). Şeýlelikde protonyň düzümi ilki başda kabul edilişi ýaly absolýut zat däl-de, eýsem hasaplaýyş sistemasyna baglydyr, ýagny, protonlaryň nähili ýagdaýda seredilýändigine bagly.



4-nji surat

Ýokarda belleýşimiz ýaly häzirki wagtda 6 görnüşli (hoşboý ysly) kwarklar bar.

Olar: u , d , s , c , b , t harplar belgilenilýär we olaryň her jübüti bitewilikde kwarklaryň üç neslini emele getirýärler (5-nji surat). Bu kwarklaryň diňe başisi adronlary emele getirmäge gatnaşýarlar. Top-kwark t örän agyr bolup, çakdanaşa çalt dargamak bilen adron emele getirmäge ýetişmeýär diýip çak edilýär.

	I nesil	II nesil	III nesil
massasy →	$\approx 2.3 \text{ MeW/s}^2$	$\approx 1.275 \text{ GeW/s}^2$	$\approx 173.07 \text{ GeW/s}^2$
zarýady →	$2/3e$	$2/3e$	$2/3e$
Kwarklar	<p>u</p> <p>ýokarky (up)</p>	<p>c</p> <p>täsin (charm)</p>	<p>t</p> <p>hakyky (top)</p>
	<p>$\approx 4.8 \text{ MeW/s}^2$</p> <p>$-1/3e$</p> <p>d</p> <p>aşakky (down)</p>	<p>$\approx 95 \text{ MeW/s}^2$</p> <p>$-1/3e$</p> <p>s</p> <p>geň (strange)</p>	<p>$\approx 4.18 \text{ GeW/s}^2$</p> <p>$-1/3e$</p> <p>b</p> <p>owadan (bottom)</p>

5-nji surat

Ýeňil kwarklar (*up*, ýokarky) we *d* (*down*, aşakky). Hut şu kwarklardan protonlar (*uud*), neýtronlar (*udd*), ýadro güýçlerini geçirijiler - mezonlar emele gelýärler.

u we *d* – kwarklaryň massalary birnäçe MeW deň diýlip ýazylýar, emma bu ululyklar adron fizikasynda ullakan ähmiýete eýe bolmaýar. Sebäbi adronlaryň massasy diňe kwarklaryň massasyndan emele gelmän, eýsem ýüzden birnäçe yüzlerçe MeW çenli massa goşýan konfaýnmentiň hasabyna emele gelýär.

Geň kwark *s* – “geň” diýen adalga taryhy bilen baglanyşykly, täze ýüze çykarylan eksperiment geçirilende öňden belli adronlara seredende özüni alyp baryşy tapawutlanýandygyndan gelip çykýar.

Täsin kwark *c* – düzüminde *c* kwarky bolan (täsin adronlar) öňki adronlardan has agyr (bu adronlaryň her bir *c* kwarkyna 1,5 GeW massa goşulýar) ýaşayyş ömrüniň dowamlylygy 1 pikosekunt töwerekler (bölejik dynçlyk hasaplaýyş sistemasynda). Oňa garamazdan dörän nokadyndan 1 mm aralyga baryp bilýär we detektorda hasaba almaklyga mümkinçilik bolýar.

Owadan kwark *b* – bu kwarkyň massasy 5 GeW töwerekleri bolup agyr kwark hasaplanylýar, onuň ýaşayyş ömrüniň dowamlylygy 1,5 ps töwerekleri *b* kwarkyň massasynyň adronlaryň massasyndan (birnäçe ýüz MeW) uly bolýandygyna görä düzüminde *b* – kwark bolan adronlary beýan etmekte, ýagny ýeňil we agyr kwarklary baglanyşdyrýan sistema hökmünde seretmeklige mümkinçilik berýär.

Häzirki wagtda elementar bölejikleriň güýçli özara täsire gatnaşýan fermionlaryň barionlar maşgalasynyň her biri üç sany kwarkdan düzülýär diýip hasap edilýär. 2015-nji ýylda barionlara meňzeş, emma baş kwarkdan ybarat bolan elementar bölejikleriň barlygy subut edildi we pentakwarklar diýlip atlandyryldy.

Esasy barionlara (massalaryň artýan tertibinde): proton, neýtron, lýambda-barion, sigma-giperon, ksi-giperon, omega-giperon degişli hasap edilýär. Omega-giperonyň massasy (3278 sany elektronyň massasy) protonyň massasyndan 1,8 esse uly.

Barionlar (kwarklaryň täk sanyndan ybarat) mezonlar (kwarklaryň jübüt sanyndan ybarat) birlikde güýçli özara täsire gatnaşýan elementar bölejikler toplumyny emele getirip, adronlar diýlip atlandyrylýar.

Elementar bölejikleriň fizikasy güýçli depgin bilen ösýän ugurlaryň biri bolup, ýyl geçdigi saýy bilimde berilmeli maglumatlar barha artýar. Oňa garamazdan bu makalada berilýän maglumatlar ýokary okuw mekdeplerinde ýadro we elementar bölejikleriň fizikasy okadylanda peýdalanylsa maksadalaýyk bolar diýip hasaplaýarys.

EDEBIÝAT

1. Gurbanguly Berdimuhamedow Bilim - bagtyýarlyk, ruhubelentlik, rowaçlyk. - A.: TDNG, 2014.
2. Ataýew A. Atom we ýadro fizikasy. - A.: TDNG 2006.
3. Awliýakuliyew J., Ataýew G. Kwant fizikasy. A: TDNG, 2008.
4. Јербарow Ў. Fizikanyň taryhy we ylmy usulyýeti. –A.: TDNG, 2018.
5. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц. –М.: Просвещение, 1984.
6. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. - М.: Наука, 1980.
7. Любимов А., Киш Д. Введение в экспериментальную физику частиц. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.