**15-lekciya. Atom yadrosı fizikası.**

**Reje:**

1. Atom yadrosı dúzilisi. Yadro zaryadı. Ólshemi hám massası.
2. Yadronıń massa defekti hám baylanıs energiyası.
3. Yadro kúshleri.
4. Yadro reakciyaları.
5. Radioaktivlik.
6. Elementar bóleksheler. Kvarklar. Materiyanıń jalǵız teoriyası.

**1. Atom yadrosı dúzilisi. Yadro zaryadı. Ólshemi hám massası.**

          Tábiyattaǵı hámme zatlar atomlardan quralǵan bolıp, olar elektron hám atom yadrosınan ibarat esaplanadı. Atom yadrosınıń tiykarǵı minezlemeleri bolıp olardıń zaryadı,  massası,  spini hám yadro magnit momenti esaplanadı. Atom yadrosı proton hám neytronlardan ibarat bolıp, bular yadro nuklonları dep ataladı. Atomlar neytral bólekshe ekenligin itibarǵa alsaq, olarda neshe proton bolsa,  yaǵnıy oń bólekshe bolsa,  yadro átirapında tap sansha elektron bolıwı kerek.

Yadrodaǵı nuklonlar-proton  (R)   oń hám  neytron  (n)  bolsa neytral,  yaǵnıy zaryadsız  bóleksheler bolıp tabıladı.  Protonnıń zaryad muǵdarı elektron zaryadına teń bolıp clip_image031 ga teń bolıp tabıladı.  Erkin halda proton turaqlı oń bólekshe bolıp tabıladı. Atom massasın massanıń atom birliklerinde  (m.a.b.)  ólshew talay qolaylı esaplanadı. Uglerod clip_image033 atomınıń 1/12 massası,  massanıń atom birligi etip qabıl etilgen.

Protonnıń massası

clip_image035.

Bul massa elektron massasınan 1836 ret úlken bolıp tabıladı   (mp = 1836 me).  Proton spinge  clip_image037 hám menshikli magnit momentine iye clip_image039. clip_image041 -yadronıń magnit momenti dep ataladı hám onıń magnetonı clip_image043 Bor magnetonınan 1836,5 ret kishi bolıp tabıladı.

         Neytron elektr zaryadqa iye emes,  massası clip_image0451,0086 m.a.b.  ne teń hám   proton massasınan biraz úlkenlew bolıp tabıladı.   Proton sıyaqlı,  neytronnıń spini clip_image046 hám menshikli magnit momenti -1,91  ga teń  (bul jerde teris belgi menshikli mexanik hám magnit momentleriniń baǵdarları teris ekenligin kórsetedi) .

         Neytron erkin jaǵdayda biyqarar  (radioaktiv)  bólekshe bolıp, onıń yarım jemiriliw dáwiri ~12 min ǵa teń, ol óz-ózinen bólinip,  ıdırap ketedi:

clip_image048                               (1.1)

Idıraw nátiyjesinde 1 proton,  1 elektron hám 1 antineytrino payda boladı. Neytrino júdá kishi bólekshe bolıp,  neytronǵa uqsas  zaryadsız bolıp tabıladı.

Yadrodaǵı protonlar sanı  +Ze,yadronıń zaryadlar sanın da belgileydi. Z -Mendeleev dáwirli sistemasında ximiyalıq elementtiń tártip nomerin yamasa yadronıń zaryadlar sanın kórsetedi.

Yadrodaǵı nuklonlar sanı A menen belgilenedi hám yadronıń massa sanı dep ataladı. Neytronlar sanı N = A - Z arqalı anıqlanadı.

  Yadrolar clip_image050 -simvol menen kórsetiledi. X-ximiyalıq elementtiń simoli bolıp tabıladı.

Yadrolardaǵı nuklonlardıń quramına qaray yadrolar 4 gruppaǵa bólinedi.

1. Zaryadlar sanı birdey,   neytronlar sanı  hár-túrli bolǵan yadrolar izotoplar dep ataladı. Mısalı: vodorodtıń 3 dana izotopı bar clip_image052 -ádettegi vodorod geyde protiy dep ataladı  (Z = 1,  N = 0)  .  clip_image054 - salmaqlı vodorod yamasa deyteriy  (Z = 1,  N = 1) ,  clip_image056 -   (Z = 1,  N = 2)  bolsa tritiy dep ataladı.

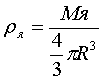
Kislorodtıń 3 dana izotopı bar clip_image058,  clip_image060,  clip_image062.

2. Massalar  sanı  birdey,  zaryad hám neytronlar sanı hár-túrli bolǵan yadrolar **izobarlar** dep ataladı. Mısal etip massa sanı birdey bolǵan clip_image064 hám clip_image066lardı kórsetiw múmkin.

3. Neytronlar sanı N birdey, zaryad hám massalar sanı hár-túrli bolǵan yadrolar **izotonlar** dep ataladı. Mısalı clip_image068.clip_image070 bularda neytronlar sanı N =7 teń bolıp tabıladı.

4. Zaryad  (Z)  hám massalar  (A)  sanları birdey bolıp,  yarım jemiriliw dáwirleri hár-túrli bolǵan yadrolar **izolyarlar** dep ataladı. Mısalı: clip_image072 yadrosınıń 2 dana izomerlerı bar,  bulardıń yarım emrilish dáwirleri  T1=18 min hám 4,4 saat ǵa teń bolıp tabıladı.

Yadro júdá kishi bólekshe bolıp tabıladı.  Yadronıń radiusı:  clip_image074 ge teń. Usı ańlatpaǵa muwapıq yadronı shar formasında dep shama menen oylaıp,  massasın bilgen halda,  tıǵızlıǵın esaplap kóriw múmkin:

,                                      (1.3)

Bul jerde clip_image078,  mn-neytron massası bolıp tabıladı. ol halda:

clip_image080 ,              (1.4)

Bul asa úlken mánis bolıp,  bunday tıǵızlıqdı oyda sáwlelendiriw júdá qıyın. Salıstırıw ushın tábiyatta ushraytuǵın bazı tıǵızlıǵı eń úlken bolǵan zatlardı keltiremiz: qorǵasın clip_image082 ,  sınap clip_image084, uran  clip_image086,  altın clip_image088 ,  platina clip_image090 hám iridiy  clip_image092.  Tábiyatta Z sanı 1 den 92 ge shekem bolǵan elementler ushraydı   (texniciy TsZ= 43 hám prometiy PmZ = 61 lardan tısqarı).

Házirgi waqıtta,  tábiyatta ushraytuǵın elementlerden tısqarı,  jámi Z = 117 ge shekem bolǵan elementler anıqlanǵan bolıp, olardıń  barlıǵı jasalma jol menen alınǵan.

1. **Yadronıń massa defekti hám baylanıs energiyası.**

         Atom yadrosı júdá quramalı dúziliske iye bolǵanlıǵı ushın bólek nızamlılıqlarǵa boysınadı. Usılardan biri,  bólek nuklonlar massalarınıń jıyındısı mudamı sansha nuklonlı yadro massasınan úlken boladı yaǵnıy:

clip_image094  ,                          (2.1)

Bul massa ayırmalıshılıǵı-massa defekti atınıń alǵan bolıp yadro qáliplesiwinde massanıń bir bólegi baylanıs energiyasına clip_image096 aylanıp ketiwin kórsetedi.

         Demek,  yadro nuklanlarınıń baylanıs energiyası:

clip_image098 ,               (2.2)

kórinisinde jazıladı. Bul energiyanı ayqınlaw oyda sáwlelendiriw ushın geliy  (clip_image100)  yadrosınıń baylanıs energiyasın esaplaymız kóremiz:

clip_image102 ,                 (2.3)

bul yadroda  (Ne)  bir nuklonǵa sáykes kelgen baylanıs energiyası clip_image104 MeV tı quraydı. Bul aqırındada úlken energiya ekenligin tómendegi mısalda kóriw múmkin.

         Salıstırıw ushın kómir janǵanda,  yaǵnıy bir uglerod atomı eki kislorod atomı menen birikkende  (clip_image106) -5 eV energiya ajıralıwın qıyalǵa keltiriw múmkin.

         Demek,  yadro júdá bekkem qurılma bolıp tabıladı.  Dáwirli kestedegi qalǵan yadrolardıń da baylanıs energiyaları esaplanǵan bolıp, eń úlken baylanıs energiyası clip_image108 MeV dáwirli sistemanıń A=50-60 massa sanlarına sáykes keliwin kóriw múmkin. onnan keyin A ni artpaqtası,  baylanıs energiyasın biraz azayıwına sáykes keledi. Uran yadrosınıń salıstırmalı baylanıs energiyası clip_image110 MeV ǵa teń bolıp tabıladı.  Demek bir salmaqlı yadronı ortasha salmaqlıqdaǵı bir neshe yadrolarǵa ajıratıw múmkin yamasa bir neshe jeńil yadrolardı birlestirip ortasha yadronı payda etilgende kútá úlken artıqsha energiyaǵa iyelew múmkin. Mısalı,  uran izotopın clip_image112  (salıstırmalı baylanıs energiyası 7, 5MeV bolǵan)   eki,  massaları A=120 ǵa teń bolǵan yadrolarǵa ajratǵanımızda   (salıstırmalı baylanıs energiyası 8,5 MeV bolǵan) -240 MeV energiya bóleklengen bolar edi. Yamasa eki vodorod izotopların clip_image114 birlestiriw arqalı 1 dana geliy clip_image116payda etilse-24 MeV energiya ajralıp shıqqan bolar edi. Házirgi paytga kelip bunday reakciyalar ámelge asırılıp atırǵanlıǵın studentlerdi derlik hámmesi biladı. Bu  ıdıraw reakciyaları yadro  (yadro reaktorları)  qazanlarında yamasa atom bombasıni jarılıwında ámelge asırıladı. Jeńil yadrolardıń qosılıwı-termoyadro reakciyaları den ibarat bщlib,  termoyadro generatorlarında  (MGD-generatorlarında)   ámelge asırıladı.  Tábiy halda Quyash hám juldızlarda da júz bolatuǵın vodorod-vodorod yamasa uglerod-uglerod ciklli sintez reakciyaları ham  pitpes-tawsılmas energiya dáreklerinen ibarat esaplanadı.

**3. Yadro kúshleri.**

          Yadro bekkem sistema ekenligin itibarǵa alsaq, eń aldın nuklonlar arasındaǵı baylanıs kútá úlken energiyaǵa iye esaplanadı hám bul kúshler biz bilgen kúshlerdiń  qandayda-birine de sáykes kelmeydi. Bul-yadro kúshleri bolıp tabıladı.  Yadro kúshleri gravitacion kúsh bolaolmaydi. Pútkil álem tartısıw nızamına uqsas bul kúshlerdi esaplap kórilsa,  yadro kúshlerinen 1036 ret kishi ekenligin biliw múmkin. Yadro kúshleri elektrostatik kúsh bolıwı da múmkin emes,  sebebi birdey belgili protonlar  (mısalı: Uran-Ol; Z = 92 )  bir birinen qochib yadronı tark etken bolar edi. Demek,  yadro nuklonları júdá quramalı baylanıs hám kúshlerge iye bolǵan sistema bolıp 4 dana tiykarǵı qásiyetlerge iye esaplanadı.

1. Yadro kúshleri. Tásir radiusı júdá qısqa aralıqda  clip_image118 baqlanadı.  Bul aralıqtan úlken aralıqlarda nuklonlar óz-ara tásirlespeydi.

2. Yadro kúshleri zaryaddan ózbetinshe bolıp tabıladı,  yaǵnıy proton-proton,  proton-neytron yamasa neytron-neytronlar birdey tartısıw hám iyteriw kúshlerin payda etedi. Bul qásiyet yadrolardıń zaryaddan ǵárezsizlik principi dep ataladı.

3. Yadro kúshleri, óz-ara tásirdegi  nuklonlar spinleriniń jaylasıwına baylanıslı. Mısalı,  neytron menen protonnıń spinleri bir-birine parallel bolǵandaǵana olar deyton payda etıp,  birge tura aladı,   bolmasa yadro ıdırap ketedi.

4. Yadro kúshleri toyınıw qásiyetine iye, yaǵnıy yadrodaǵı hár bir nuklon shekli sandaǵı nuklonlar menen óz-ara tásirlesedi, qalǵanların bolsa teńimeydi.

Házirgi zaman qıyallarına muwapıq,  yadro kúshleri,  yaǵnıy kúshli óz-ara tásir mezonlar dep atalıwshı virtual bóleksheler almasıwı arqalı óz-ara tásirlesedi dep ataladı.

1934 jılda I.Ye. Tamm nuklonlar arasındaǵı tásir,  qanday da virtual bólekshe jutılıwı yamasa shıǵıwı  arqalı ámelge asadı dep esapladı. 1935 jılı yapon alımı X. Yukavam nuklonlar,  elektron massasınan 200-300 ret úlken bolǵan hám sol waqıtqa shekem anıqlanbaǵan bólekshelerdiń jutılıwı  yamasa shıǵıwı arqalı tásirlesedi dep gipoteza etti. Keyinirek,  bul bóleksheler mezonlar  (grekshe “mezos” ortasha) dep ataldı.

Tez arada bunday bólekshelerdiń kosmik nurlar arasında barlıǵı anıqlandı. 1936 jılı Andersan hám Neddermeyerler kosmik nurlar arasında massası 207 me bólǵan bólekshelerdi anıqladı. Bul bóleksheler clip_image120 -mezonlar  (myuonlarclip_image122 )  dep ataldı. Lekin nuklonlar arasındaǵı tásirlesiwde bul bóleksheler  bola almawı demde tastıyıqlandı,  yaǵnıy energiyanıń saqlanıw nızamına bul sáykes kelmewi anıqlandı. 1947 jılda kosmik nurlardı ilimiy izlewde  X.Yukavam boljaw etken nurlardı Okkialini hám Pouelllar jańalıq ashdı. Bul bólekshelerdiń massası elektron massasınan -270 me ret úlkenligi málum boldı. Bul bóleksheler clip_image124-mezonlar atınıń aldı. clip_image126-mezonlar  oń clip_image128,  teris clip_image130 hám neytral clip_image132  bolıwı múmkin eken. Zaryadlı pionlar massaları birdey bolıp 273 m  (140 MeV)  ǵa teń hám neytral mezon bolsa 264 m  (135 MeV)  ga teń. Bul bólekshelerdiń spinleri  (S = 0)  nolge teń. Bóleksheler júdá biyqarar bolıp,  clip_image134  s da ıdırap ketedi:

clip_image136; clip_image138; clip_image140 yaki clip_image142

Bul jerde clip_image144 myumezonlar,  clip_image146 -gamma nurlar,  clip_image148 -oń pozitron hám teris elektronlar,  clip_image150 hám clip_image150 lar neytrino hám antineytrinolar bolıp tabıladı. Endi nuklonlar arasında bolatuǵın tásirlesiwdi biymálel jazıw múmkin:

clip_image153;  clip_image155;

         Bunday tásirlesiw arqalı nuklonlardıń biri ekinshisine  yamasa olar orın almasıwları múmkin. Demek,  proton virtual mezon shıǵarıp,  neytronǵa aylanadı yamasa neytron mezondı jutıp  protonǵa aylanadı. Bul processlerdiń barlıǵı tájiriybede tastıyıqlanǵan.

**4. Yadro reakciyaları**

Atom yadrosınıń elementar bóleksheler yamasa basqa yadrolar menen tásirlesip, basqa túr yadroǵa aylanıwı, yadro reakciyaları arqalı ámelge asadı. *X* yadro menen (a) bólekshe tásirleskende *Y* jańa yadro hám jańa (b) bólekshe payda bolıwı tómendegi sızılma arqalı ámelge asadı:

,

hám bul tómendegishe ańlatıladı: 

Yadro reakciyalarında a hám b bóleksheler neytron (n), proton (r) hám birpara yadrolardaǵı - bóleksheler hám - fotonlar bolıwı múmkin.

Yadro reakciyalarında energiya shıǵıwı yamasa jutılıwı baqlanadı.

Tez júz bermeytuǵın yadro reakciyaların eki basqısh penen ámelge asırıw múmkinligi 1936 jılda N. Bor tárepinen anıqlanǵan. Bunda quramalı yadro, yaǵnıy kompaund yadro dep atalıwshı aralıq yadro P payda boladı:

,

Eger a = b bolsa, shashıraw, yaǵnıy *Yea* = *Eb* elastik shashıraw hám elastik bolmaǵan shashıraw reakciyaları baqlanadı.

Quramalı yadro, jasaw waqtı ( sek.) dáwirinde jemirilip, basqa YA túrdegi yadroǵa aylanıwı múmkin.

Yadro reakciyası, birinshi bolıp 1919 jılda E. Rezerford tárepinen ámelge asırılǵan. Azot atomları - bóleksheler menen atqılanǵanda, kislorod atomı hám taǵı bir proton payda bolǵan:

yaki ,

1938 jılda Nemis ilimpazları O. Gan hám F. Shtrassmonlar uran yadrosına neytronlar dástesin jawdırǵanda yadronıń ekige bóliniwin baqlaǵan. Bunda barıy hám lantan payda bolıwı baqlanǵan. Keyinirek 80 danaǵa jaqın hár túrlı yadro úzindileri payda bolıwı anıqlandı. Yadro hár bir bóliniwde - 2, 5 neytron payda etedi:

**5. Radioaktivlik.**

α, β, γ - nurlar. Biyqarar ximiyalıq elementlerdiń, óz - ózinen zaryadlanǵan bóleksheler yamasa yadrolar shıǵarıp, basqa tur ximiyalıq elementlerge aylanıw ózgesheligi - radioaktivlik dep ataladı. Radioaktivlik Anri Bekkerel, tárepinen 1896 jılda oylap tabılǵan. Ol Uran duzlarınıń lyuminescent qásiyetlerin tekserip atırıp, olardı fotoplastinkalarǵa tásirin sezip qalǵan hám Uran duzları óz ózinen bólek nur shıǵaradı hám bul nurlar sırtqı ortalıq shárt-shárayatlarına, yaǵnıy temperatura, basım hám jaqtırtılǵanlıqqa ulıwma baylanıslı emesligin aytıp ótdi. Bul islerdi Per hám Marıya Kyurilar dawam ettirip, 1998 jılda eki jańa radioaktiv elementti oylap taptı. Bular Poloniy ****hám Radiy **** elementleri edi. Jańa nurlanıw payda etiwshi bunday elementler radioaktiv elementler hám denelerdiń (bóleksheler kóriniste) nurlar shıǵarıw ózgesheligi radioaktivlik dep ataldı. Radioaktiv elementler magnit maydanına (M. Kyuri atqarǵan) jaylastırılǵanda, olar 3 túrge ajralıp ketiwi málim bolıp qaldı.

Keyinirek ótterislgen izertlewlerge kóre, α - bóleksheler geliy  yadrosınıń aǵımınan ibarat, β - bóleksheler tez ushıp shıǵıwshı elektronlar aǵımınan hám γ - nurlar qısqa tolqın uzınlıqtaǵı elektromagnit tolqınlardan ibarat ekenligi anıqlandı. Bul bóleksheler júdá kúshli ionlantırıw ózgeshelikine iye, mısalı α - bólekshe hawada 105 jup ion payda etedi.

Radioaktiv jemiriliwde, jemirilip atırǵan yadro ana yadro hám jańa payda bolǵanı bolsa bala yadro dep ataladı. Qandayda bir dt waqıt aralıǵında jemirilgen yadrolar sanı *dN* sol waqıtqa hám baslanǵısh radioaktiv yadrolar sanına proporcionallıǵınan jemiriliw nızamı tabılǵan, yaǵnıy:



hám bul ańlatpanı integrallap, tómendegi teńlemeni payda etemiz:

Baslanǵısh waqıttaǵı atomlar muǵdarınıń yarım jemiriliwge ketetuǵın waqtı elementlerdiń yarım jemiriliw waqtı (T) dep ataladı hám tómendegishe anıqlanadı:



 hám bunnan,



Házirge shekem málim bolǵan elementlerdiń yarım jemiriliw dáwiri 3×10-7 s dan 5×1015 jılǵa shekem bolǵan aralıqqa sáykes keledi.

Tájiriybe jolı menen radioaktiv jemiriliwde zaryad hám massanıń saqlanıw nızamları orınlanıwı tastıyıqlanǵan. Demek, elementlerdiń radioaktiv jemiriliw nızamına kóre, joqarıdaǵı nızamlardan paydalanıp, jemirilgennen keyin qanday element payda bolıwın búydew múmkin. Soǵan kóre α hám β - jemiriliwde jılısıw nızamın kóriw múmkin. Eger jemirilip atırǵan ana yadro bolsa, α - jemiriliwde:

,

hám β - jemiriliwde:

,

Ápiwayı esaplawlar, hár eki jemiriliwde, massa hám zaryaddıń saqlanıw nızamınıń orınlanıwın kóriwimiz múmkin. Formulaǵa kóre, jemiriliwde payda bolǵan bala yadronıń massa sanı 4 ke azayadı, zaryadı bolsa 2 ge azayadı hám Geliy yadrosınıń payda bolıwı menen júz boladı. Nátiyjede, payda bolǵan yadro Mendeleev dáwirli kestesindegi jemirilip atırǵan yadrodan 2 ketek aldınǵı elementtiń payda bolıwın kóriw múmkin.

Tap sol processti dıń jemiriliwinde baqlaw múmkin:

,

Demek, jemiriliw nátiyjesinde toriy izotopi payda boladı.

Soǵan uqsas mısaldı β - jemiriliw ushın da keltiriw múmkin:

,

Radioaktiv jemiriliwde α - bóleksheler úlken energiyalı bóleksheler jıynaqlarınan ibarat bolsa, β - jemiriliwde elektronlardıń energiyası 0 den Emax aralıǵında bólek bólistiriwge boysınadı.

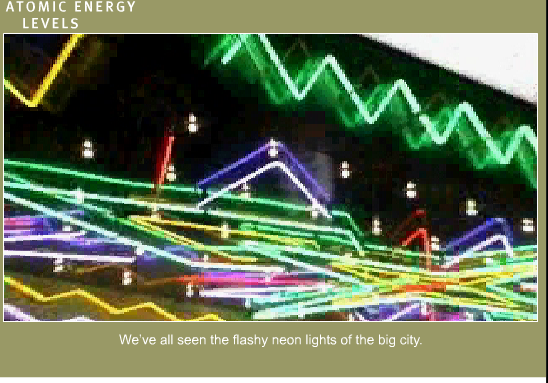
Súwretde β - jemiriliwde yadrolar shıǵaratuǵın elektronlardıń energetikalıq spektri, yaǵnıy *dE* energetikalıq aralıqta bolǵan elektronlar bólistiriwi keltirilgen.

β - jemiriliw úsh qıylı bolıwı múmkin. Jemiriliw teris elektron shıǵarıw menen, oń pozitron shıǵarıw hám K - tutıw (K - qabıqtaǵı elektron tutılıwı ) menen ámelge asıwı múmkin. Bul jemiriliwde β - bólekshe menen birge mudamı taǵı bir neytral bólekshe shıǵadı. Bul bóleksheni E. Fermi usınısına kóre neytrino (kishkene neytron) dep ataldı. Neytrino eki qıylı bolıwı múmkin: neytral hám antineytrino.

**6. Elementar bóleksheler. Kvarklar. Materiyanıń jalǵız teoriyası.**

Elementar bóleksheler - ózleri bólinbeytuǵın baslanǵısh bóleksheler bolıp tabıladı. Deneler tiykarınan sol bóleksheler kompleksinen payda boladı. Bul álbette shártli túsinik, sebebi XIX ásir baslarında denelerdi quraytuǵın eń kishi elementar bólekshe atom dep esaplanar edi.

XX - ásir baslarına kelip elementar bóleksheler dep elektron, proton hám neytronlar hisioblanardi. Házirgi waqıtqa kelip, bunday “elementar” dep atalıwshı bólekshelerdiń 100 den artıq túri bar. Elementar bólekshelerdiń kóbisi kosmik nurlardı úyreniw arqalı anıqlanǵan. Álemnen Jerge mudamı atom yadrosınıń qurawshıları aǵımı kelip turadı. Bul nurlar Jer atmosferası menen soqlıǵısıp, ekilemshi nurlanıwdı payda etedi.



Jerdiń magnit maydanı kosmik nurlanıwdıń tiykarǵı bólegin Jer átirapında ustap qalıp radiaciyalıq qayıs payda etedi. Radiaciyalıq qayıslar Jerdi qorshap turadı. Ekvator tegisliginde ishki radiaciyalıq qayıs 600 den 6000 km ge shekem hám sırtqı qayıs 20000 den 60000 km ge shekem sozılǵan. 60-700 keńliklerde eki qayıs (poyas) Jerge bir neshe júz kilometr shamasında jaqın turadı.

Zaryadlanǵan bóleklerdi tezlestiriw qurılmaları jaratılǵannan keyin elementar bóleklerdi úyreniw júdá jedellesip ketti.

Házirgi waqıtta elementar bóleksheler arasında bolatuǵın tórt qıylı óz-ara tásir málim: kúshli óz-ara tásir, kúshsiz óz-ara tásir, elektromagnit tásir hám gravitaciyalıq óz-ara tásirler.

**Kúshli óz-ara tásir.** Bunday óz-ara tásirlesiw yadro nuklonları arasında bar boladı, olardı óz-ara baylanıstıradı. Bóleklerdi óz-ara tásiri tásir turaqlısı dep atalıwshı shama menen xarakterlenedi. Bul ólshemsiz shama bolıp tabıladı. Bunnan tısqarı, bóleksheler tásir sferasınıń radiusı menen de xarakterlenedi. Kúshli óz-ara tásirde óz-ara tásir turaqlısı 1 ge hám óz-ara tásir waqtı 10-23 s ǵa teń bolıp tabıladı.

**Elektromagnetik óz-ara tásirde** tásir sferasınıń radiusı  shegaralanbaǵan, tásir turaqlısı bolsa ~10-2 átirapında boladı.

**Kúshsiz óz-ara tásir** de kúshli óz-ara tásir sıyaqlı, jaqın aralıqta tásir etedi. Tásir konstantası júdá kishi 10-14, óz-ara tásir waqtı bolsa 10-9 s átirapında boladı. Bul tásirlesiw β - jemiriliwde, elementar bólekshelerdiń jemiriliwinde, neytrino menen elementler arasında bolatuǵın tásirlesiwlerde baqlanadı.

**Gravitaciyalıq óz-ara tásirdiń** de tásir radiusı shegaralanbaǵan. Óz-ara tásir konstantası bolsa, asa kishi ~10-39 hám tásir waqtı bolsa kútá úlken ~10-9 sek. boladı. Bul tásir universal sonda da, mikrobólekshelerdiń óz-ara tásirinde, mánisi júdá kishi bolǵanı ushın itibarǵa alınbaydı.

**Óz-ara tásir túrleri**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Óz-ara tásir túrleri** | **Óz-ara tásir turaqlısı** | **Óz-ara tásir waqtı, s** |
| Kúshli (yadrolıq )  Elektromagnetik  Kúshsiz (jemiriliwde)  Gravitaciyalıq | 1  ~10-2  10-14  10-39 | 10-23  10-21  10-9  1016 (109 yil) |

**Tekseriw ushın sorawlar**

1.   Yadro nuklonları ne hám olar arasında qanday parq bar?

2.   Massa defekti ne? Baylanıs energiyası formulasın jazıń. eńúlken baylanıs energiyasına qanday yadrolar iye? Idıraw hám sintez reakciyalardı túsintiriń.

3.   Yadro kúshleriniń tiykarǵı principleri ne?

4.   Yadro reakciyaları. Kompaund yadro ne? Yadro reakciyalarında zaryadtı hám massanı saqlaw nızamı ne?

5.   Radıaktivlikti túsintiriń. olardda jılısıw nızamı ne?

6.   Gravitcion,  elektromagnit,  kúshli hám kúshsiz óz-ara tásirlesiwlar haqqında maǵlıwmat beriń.

7.   Elementar bólekshelerdi túrlerin sanap shıǵıń. Kvarklar,  gipotetik bóleksheler haqqında qanday maǵlıwmatǵa iyesiz.