

O'zbekiston respublikasi xalq ta'lim vazirligi

Ajiniyez nomidagi Nukus davlat pedagogik instituti

Fizika matematika fakul'teti

Fizika- astronomiyani o'qitish metodiykasi talim yunalishi

Bekchanova Feruza Alisher qizining

mutaxassislik

BITIRUV ISHI

Mavzu: Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik
litseylarda oqitish metodikasi

Ilimiy raxbar: prof. A.Jumamuratov

Kafedra mudiri: f.m.f.d. A.Kamalov

Talaba; Bekchanova F.

NUKUS-2016

Mundarija

1- Kirish qism

- 1.1. Atom yadrosining asosiy xususiyati
- 1.2. Atom yadrosining radiaktiv emirilishi

2-Asosiy qism

2. Atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlari

- 2.1 Al'fa emirilish qonuni
- 2.2. Beta emirilish qonuni
 - 2.2.1. Beta-turg'unlik sharti va parchalanish turlari.
 - 2.2.2. Beta-parchalanishlarda energiya munosabatlari.
 - 2.2.3. Beta-spektr va neytrino.

Xulosa

Faydolanigan adabiatlar

Kirish

Ishning dolzarbligi. O'zbekiston Respublikasi hukumati, mustakillikka erishgan dastlabki kunlardan oq, ma'naviyat va ma'rifat masalalariga, ta'lim tizimini takomillashtirishka, uni jahon andozalariga muvofiqlashtirish buyicha ibratli ishlarni amalga oshirmoqdalar. O'zbekiston Respublikasida bozor munosabatlariga utishi sharoitida xalq xujaligini rivojlantirish, kishilarning turmush farovonligini ta'minlashda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, qazib olingan mineral xomashyolar kurinishida emas, balki ularni qayta ishlab, turli sifatli, raqobatbardosh tayyor mahsulotlarga aylantirib, xalq xujaligi oborotiga kiritish va dunye bozoriga olib chikish juda katta iktisodiy ahamiyatga egadir. Shuning uchun ilmiy-texnika taraqqietini jadallashtirish, ilmiy tadqiqot natijalari asosida yaratilgan fan va texnika yangiliklarini energetika korxonalari faoliyatiga tadbik qilish, ishchi va xizmatchilar malakasini uzluksiz oshirib borish bilan bir katorida tobora murakkablashib borayotgan sharoitlarda ishlari samaradorligini oshirishni ta'minlovchi mexnat va ishlab chikarishni tashkil kilishning yangi shakllarini doimiy izlash hamda mavjud shakllarini takomillashtirish zarurati tug'ilmoqda. Hozirgi zamon fani va texnikasining jadal ravnaqi fizik-texnik hodimlarining nihoyatda bilim saviyaga ega bo'lishini, binobarin, oliy o'quv yurtlarida ularni tayyorlash usul uslubini mutassil takomillashtirishni taqozo etmoqda. Bu muammoni hal etishda, ya'ni talabalarni samarali o'qitishda mashg'ulotlarda nazariya bilan amaliyotni puxta, birga qo'shib olib borish ayniqsa muhim ahamiyatga ega, chunki amaliy ishlarni izchil o'tkazish talabalarning ma'ruza darslarida olgan bilimlarini mustahkamlash imkonini beradi.

Ishning maxsadi. Yadro fizikasida radioaktivlikni tushunush va u haqida tasavvurga ega bulish uchun geliy atomini – vodorod atomini biriktirish natijasida xosil qilish yo'li bilan kurib chiqamiz. Bizga maolumki vodorod atomi bitta planetar elektron va yadrodagi protondan tashkil topgan. Geliy atomida esa, ikkita planetar elektron va uning yadrosida ikkita proton, ikkita neytronlar mavjuddir. Xullas qalom, geliy atomi turta vodorod atomiga ekvivalentdir yoki turt atom birliklariga egadir. Yuqorida qilingan xisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, geliy

yadrosi paydo bo'lish jarayonida 0,030359 m.a.b. energiyaga aylanadi. Shu tarzda Kuyosh uz energiyasini qaerdan olayotganini tushinish mumkin bo'ladi.

1896 yilda fransuz olimi Bekkerel Uran elementidan fotografiya plastinkasiga tasir etuvchi nomaolum nurlar chiqishini aniqladi. Keyinchalik bunday nurlarni boshqa elementlar (toriy, radiy, poloniy) ham chiqarishi Pier Kyuri va Mariya Kyuri-Sklodovskayalar tomonidan aniqlandi. Bu hyodisa radioaktivlik deb ataldi. Nurlarning uzi radioaktiv nur nomini oldi.

Eshilishi kerak masalalar. Radioaktiv nurlarning kelib chiqishi, tabiati, ularning boshqa moddalarga tasiri kabi qator xossalarini tekshirish keng rivojlandi. Jumladan, bu nurlar magnit maydon tasirida, uch yo'nalishda tarqalar ekan. Birinchi toifa nurlar dastlabki yo'nalishidan ung tarafga, ikkinchi toifa nurlar esa chap tarafga burilar, uchinchi xil nurlar esa burilmay o'z yo'nalishida davom etar ekan. O'z – o'zidan ravshanki, magnit maydonda qarama - qarshi tomonga burilgan nurlar turli ishorali elektr zaryadiga ega bolishi kerak. Uchinchi nurlarning xususiyati rentgen nurlariga uxshab ketadi, chunki rentgen nurlariga ham magnit maydon tasir qilmas edi.

Radioaktivlikni har tomonlama tekshirish natijasida musbat elektr zaryadiga ega bulgan radioaktiv nurlar α - zarralar ekanligi aniqlandi. α - zarralar – o'z elektronlarini yo'qotgan geliy atomlaridir. Manfiy zaryadga ega bo'lgan zarralar elektronlar oqimi ekan, ular β - zarralar deb nom oldi. Magnit maydon tasiriga uchramagan nurlar chastotasi yuqori bo'lgan γ - nurlardir.

α – zarralar faqat atom yadrosi tarkibi uzgarishi tufayli chiqishi mumkin. Shuningdek, β - nurlarning chiqishi ham element xususiyatining uzgarishi, uning boshqa elementga aylanishi bilan bog'langan. γ - nurlarning manbai xam yadrodagi uzgarishlardir. Demak, chiqayotgan hamma radioaktiv nurlar atom yadrosidagi uzgarishlar tufayli vujudga keladi.

Atom yadrosi ikki turga bo'linadi stabil va nostabil. Stabil yadrolarni parchalash uchun tashqaridan katta kuch sarflanishi zarur. Nostabil yadrolar esa, vaqt o'tishi bilan o'z-o'zidan elementar zarralar α -zarralar va boshqa engil yadrolar chiqarib boshqa element yadrolariga spontan holda uzgarib o'tib qoladi.

Yadrolarning bunday xususiyati radioaktivlik va nostabil yadrolarning uzlari esa, radioaktiv yadrolar deb ataladi.

Radioaktivlik tabiiy va sunoiy turlariga bo`linadi.

Tabiiy radioaktivlik deb, tabiatda uchraydigan turg`un bo`lmagan izotoplardagi nurlanishlarga aytiladi.

Sunoiy radioaktivlik deb esa, yadro reaksiyalari paytida tashkil topgan izotoplardagi nurlanishlarga aytiladi.

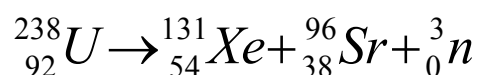
Radioaktiv emirilish qonunlarini o`qitish uquv jarayoniga zamonaviy texnik vositalarini qo`llash tarafdorlari bulip, o`qitish sifatini yaxshilash, aynan ana shu vositalarga bog`lik deb xisoblaymiz. Tegishli uslubiy tavsiyalar ta`lim jarayonida texnik muxitni yaratishga, ya`ni texnologiya tushunchasini o`qitish jarayoniga qullash masalalariga qaratiladi. Bu pedagogik texnologiyani radioaktiv emirilish qonunlarini o`qitishni amalga oshirish uchun zamonaviy texnik vositatalarini qo`llanildi. Vu vakalabr diplom ishining asosiy manosi shunнан iborat.

1-Kirish qismi

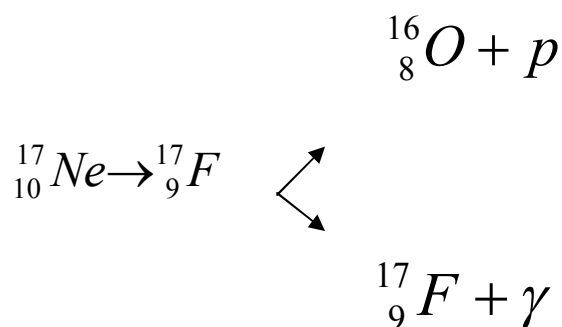
1.1. Atom yadrosining asosiy xususiatlari

Atom yadrosi radioaktivlik vaqtida bir yadro holatidan ikkinchi yadro holatiga o'tadi, bu bilan yadro o'z tarkibida bo'lgan va radioaktivlik vaqtida vujudga keluvchi zarralar (M: alfa, proton, beta, va h.) yengil yadrolar hamda fotonlarni chiqarishi mumkin. Buning natijasida yemirilayotgan yadrolarning tarkibi yoki ichki energiyasi o'zgaradi. Radioaktivlik tabiiy sharoitda ro'y berib qolmay, sun'iy yo'l bilan ham hosil qilish mumkin. Ammo ikkala radioaktivlik orasida farq yo'q. Radioaktivlik emirilish qonunlari radioaktiv izotopning qanday olinishiga bog'liq emas. Radioaktivlik yadroning ichki xususiyati bo'lib, har bir yadro o'ziga xos yemirilish turi, intensivligiga ega. Radioaktivlik xususiyati tashqi ta'sirlar (temperatura, bosim, elektr yoki magnit maydon)ga bog'liq emas. Ko'pgina radioaktiv yadrolar nishon yadroni turli tezlashtirilgan zarralar bilan bombardimon qilish bilan hosil qilinadi. Dastlabki radioaktiv nurlanishlar tahlili tabiiy radioaktivlik vaqtida alfa, beta zarralar va qisqa to'lqinli gamma fotonlar ekanligini ko'rsatdi.

G.N.Flerov, K.A.Petrjaklar og'ir yadrolarning ($A=240$) o'z-o'zidan ikkita o'rtacha yadroga bo'linishini 1939 yilda kashf qildi.



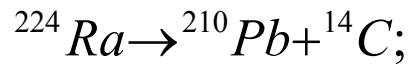
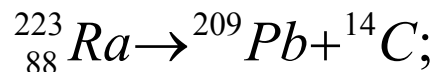
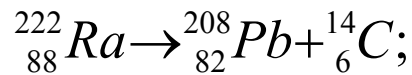
Qaysiki, yadrolarda protonlar soni oshib ketishsa bir proton, ikki proton yemirilishi mumkin. G.F.Flerov 1963 yili proton yemirilishini kuzatgan



$$T_{1/2} = 0,1 \text{ s}$$

Albatta, proton yemirilish ehtimoliyati raqobatlashuvchi alfa va beta-yemirilishlarga nisbatan juda kichik bo'ladi.

1984 yili Oksford universiteti xodimlari radiy yadrolarining alfa zarralarga nisbatan yirik ^{14}S yadrosini nurlanishini qayd qilishdi.



1985 yili Dubna va Amerika fiziklari Ne-yemirilishni kashf etdilar.

Radioaktiv yemirilish saqlanish qonunlarining bajarilishligi bilan ro'y beradi.

2.1.Yadroviy kuchlar xususiyati

Radiyaktivlik qonunlarini tanishgandan so'ng quyidagicha mulohaza yuritishimiz mumkin. Yadro tarkibidagi ikki proton orasida, Kulon qonuniga asosan, miqdori:

$$F_k = \frac{e * e}{4\pi\epsilon_0 r^2} \approx 34 \text{ H}$$

bo'lgan o'zaro itarishish kuchi tasir kilishi lozim. Og'ir yadrolarda (bu yadrolarda bir necha onlab protonlar mavjud) esa, kulon kuchining miqdori bir necha ming nyutonga etadi. Bunday kuchlar tasirida yadrodagi protonlar tarqab ketishi lozim edi. Vaxolanki, barqaror yadrolar mavjud. Balki yadrolar barqarorligining sababini nuklonlar orasidagi o'zaro tortishish gravitatsion kuchlarining tasiri bilan

tushuntirish mumkindir. Biroq ikki proton orasidagi gravitatsion kuchning miqdori:

$$F_{ep} = \gamma \frac{m_p * m_p}{r^2} \approx 28 * 10^{-36} H$$

ga teng, yani gravitatsion kuch kulon kuchidan taxminan 10^{36} marta kichik. Shuning uchun barqaror yadrolarning mavjudligini yadro ichida tortishish xarakteriga ega bolgan qudratli yadroviy kuchlar bilan tushuntiriladi.

Yadroviy kuchlarning xususiyatlari tajrbada yaxshigina urganilgan. Bu xususiyatlarning asosiylari kuyidagidan iborat:

1) nuklonlar orasidagi masofa $r = (1 \div 2) * 10^{-15}$ m bo`lganda yadroviy kuchlar tortishish xarakteriga, $r < 1 * 10^{-15}$ m masofalarda esa itarishish xarakteriga ega buladi. $r > 2 * 10^{-15}$ m masofalarda yadroviy kuchlarning tasiri deyarli sezilmaydi;

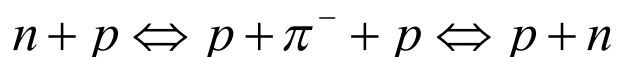
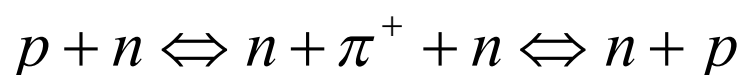
2) yadroviy kuchlarning mikdori o`zaro tasirlashaetgan nuklonlarning zaryadli exud zaryadsiz bolishiga bog`lik emas, yani ikki proton, ikki neytron eki proton va neytron orasidagi o`zaro tasirning kattaligi bir xil bo`ladi;

3) yadroviy kuchlar o`zaro tasirlashadigan nuklonlar spinlarining yunalishiga bog`liq. Bunga ikkita nuklondan tashkil topgan sistema misol bola oladi. Neytron va protonning spinlari faqat parallel bolgan taqdirdagina sistema bog`liq bo`ladi, yani deyteriy (2N) hosil boladi. Spinlari antiparalell bolgan neytron va proton 2N hosil qilmaydi;

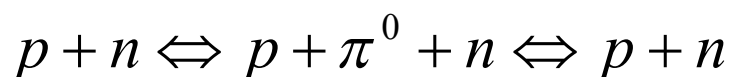
4) yadroviy kuchlar toyinish xususiyatiga ega, yani har bir nuklon yadrosidagi barcha nuklonlar bilan emas, balki o`zining atrofidagi chekli sonli nuklonlar bilan bir vaqtning o`zida tasirlasha oladi. Yadroviy kuchlarning bu xususiyati molekuladagi atomlarning valent bog`lanishini eslatadi. Masalan, vodorod atomi faqat yana bitta atom bilan birikishi, uglerod esa bir vaqtning o`zida boshqa 4-ta atom bilan bog`lanishi mumkin. Malumki, valent bog`lanish

molekuladagi atomlarning bir-biri bilan doimo valent elektronlar almashib turishi tufayli vujudga keladi. Vodorod atomining bitta valent elektroni bolganligi uchun u bittadan ortiq atom bilan elektron almasha olmaydi. Uglerodni esa, 4-ta valent elektroni bor. Shuning uchun u ikki, uch eki 4-ta atom bilan elektronlar almashib turishi mumkin. Boshqacha qilib aytganda, valent kuchlarning toyinish sababi – ularning almashinuvchi kuchlar ekanligida edi. Xuddi shuningdek yadroviy kuchlarning toyinishi – ularning almashinuvchi kuchlar ekanligidan dalolat beradi. Umuman almashinuvchi kuchlar kvantomexanik tushunchadir. Bunda ikki zarra bir – biri bilan uchunchi xil zarrani doimo almashib turish vositasida bog`langan boladi.

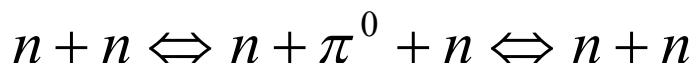
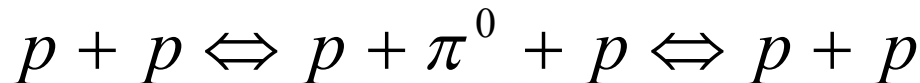
Haqiqatdan, zamonaviy tasavvurlarga asosan, yadrodagi nuklonlar bir – biri bilan π - mezonlar almashib turadi. π - mezonlar uch xil boladi: musbat π^+ , manfiy π^- va neytral π^0 . Proton va neytronning o`zaro taosirlashishi quyidagicha amalga oshadi: proton  $\pi^+$  chiqarib o`zi neytronga aylanadi, π^+ -ni neytron yutadi va u protonga aylanadi. Bu jaraenni sxematik tarzda



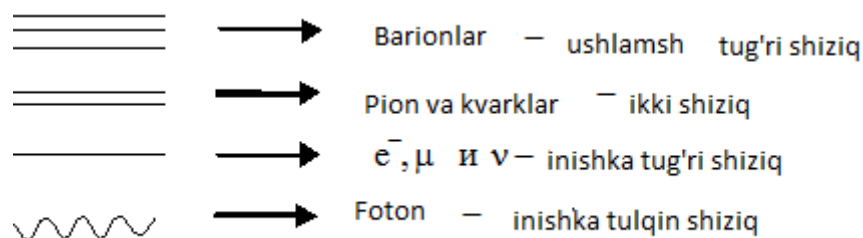
shaklida ezish mumkin. Bunda proton va neytron orasida zaryad almashinishi ro`y beryapti. Proton va neytron orasidagi o`zaro tasiri π^0 vositasida ham ro`y berishi mumkin, lekin bu holda nuklonlar zaryad almashmaydi:



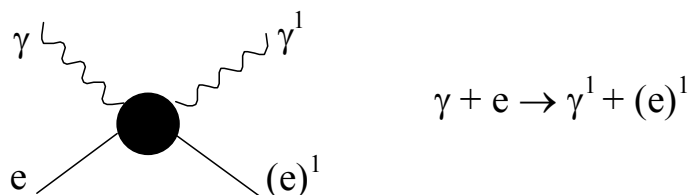
Proton va proton eki neytron va neytron orasidagi o'zaro tasir va π^0 vositachiligida o'tadi.



Shunday qilib, nuklonlar doimo mezon chiqarib va yutib turadi, yani ular

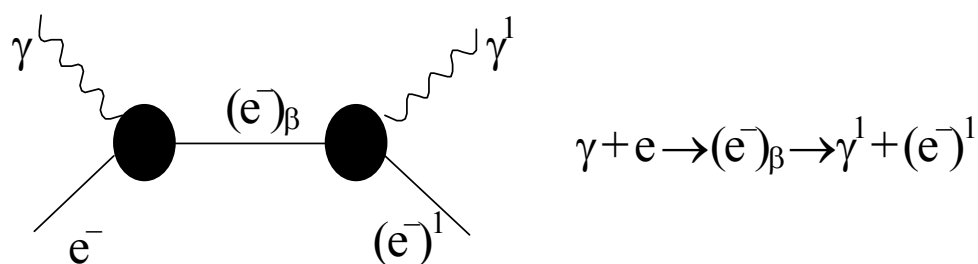


mezonlar buluti bilan qoplangan bo'ladi. Xususan, neytron o'z umrining malum qismini $p + \pi^-$ holatda (bunday holat virtual holat deyiladi) o'tkaziladi. π^- ning orbital harakati tufayli neytron manfiy magnit momentga ($\mu_p = -1,91 \mu_{ya}$ ekanligini eslang) ega boladi. Xuddi shuningdek proton malum muddat $n + \pi^+$ virtual holatda bo'ladi. Bu vaqt ichida π^+ orbital harakatda qatnashadi. Shuning uchun protonning magnit momenti μ_{ya} ga emas, balki kattaroq qiymatga yapni $2,79 \mu_{ya}$ ga teng.



1-rasm

Hozirgi zamon tasavvurida yadroning tuzilishini tushunturish uchun juda kup sonli modellar mavjud. Ulardan: tomchi eki gidrodinamik model, umumlashtirilgan model, qobiqsimon model, juft korrelyatsiya modeli, statistik model va hokazo.



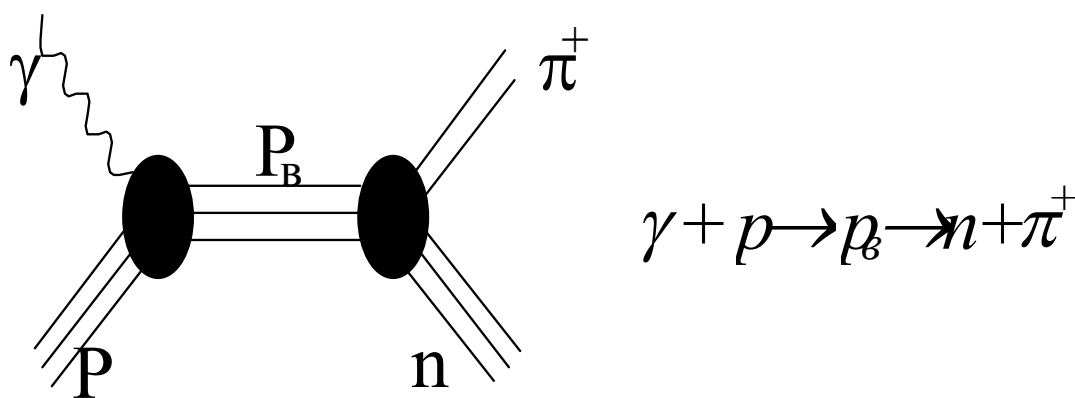
2-rasm

Elementar zarralar o'zaro tasirini grafik usulda tasvirlash Feynman diagrammalari erdamida olib borilishi mumkin. Ushbu diagrammalar erdamida zarralarni uzaro tasirlashishlari va yangi zarralarni paydo bulishini kuzatish mumkin. Zarralarni bir – biridan farq qilishi uchun belgilar qabul qilingan (2-rasm). Tanlab olingan chiziqlar va belgilar aynan shu holda bo'lishi bejiz emas, balki zarralarni kvark tuzilishini ham xisobga olgan. Diagrammadagi har qanday chiziq zarra va uning xolatiga mos ravishda to'g'ri keladi. Feynman taklifiga binoan diagramma chapdan - unga eki pastdan yuqoriga qarab uzgartirilib boradi (3-rasm).



3-rasm

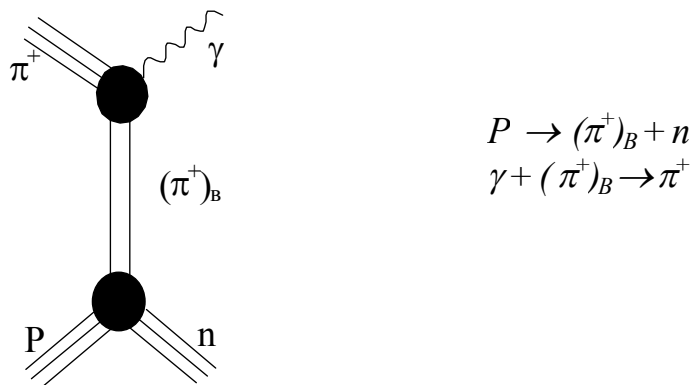
Tushunarli bolishligi uchun chiziq eniga zarraning belgisi ham qoshib eziladi. Chap va ong tomondan chiziqlarni boshi va oxiri zarra xati mavjud ekanligini ko'rsatadi. Zarralarni toqnashgan qismi tugun orqali belgilanadi. Tugun (eki nuqta) – bu kiruvchi va chiquvchi chiziqlarga ega bolgan diarammaning joyiga aytiladi. Tugun orqali butun jaraenni eki uning bir qismini belgilash mumkin. Masalan, Kompton – effekt. Umumiy ko'rinish uchun yuqorida keltirilgan diagramma xaqlidir, lekin asosiy jaraenni tushunush uchun virtual fotonni yutulishi va nurlanishini xisobga olish zarur. Yani, tugunni diagramma uchi deb ham ataladi. Doira bilan murakkab jaraen belgilanadi. Ushbu holda jaraen borishi uchun aloxida vaqt va masofalar o'zgarishi kerak. Nuqta bilan esa, elementar jaraen, lokal sodir buluvchi, yani bir zum, bir onda fazoning bir joyida siljishsiz sodir qilinadigan jaranni begilanadi (4-rasm).



4-rasm

Agar elektron chizig'ining bosh uchi bolmasa, bunday chiziqlar ichki chiziqlar deb ataladi va ko'pincha virtual zarralarga mos keladi. Diagramma tuzish yo'llari bilan tanishib chiqamiz. Misol uchun protonlarda zaryadlangan pionlarni fototug'ulish yo'li bilan paydo bo'lishini olamiz. Bu jaraenni ehtimolligi bor deb

xisoblab, virtual fotonni yutilishi va virtual nuklondan pionni paydo bulishi bilan izohlash mumkin.



5-rasm

Fototug'ulishning mexanizmi kuyidagicha: oldin nuklon virtual pionni chiqaradi keyin esa virtual pion fotonni yutib oladi (5-rasm). Shunday qilib, Feynman diagrammalari orqali bo'lib o'taetgan jaraenlarni kuzatibgina qolmasdan, balki oraliqda sodir bulaetgan fizik jaraenlarni ham, jaraenlarni bir-biriga bog'lanishlarini ham juda sodda yul bilan kuzatish mumkin. Shuni taqidlash lozimki, Feynman diagrammasidagi tug'unlarda barcha saqlanish qonunlari o'z kuchini yuqotmaydi: zaryadni saqlanish qonuni, izospin, juftlik va ajablik son qiymatlari va h.k.

2-Asosiy qism

2.1. Atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlari

Maruzani o'qitish texnologiyasi

Darsning turi	Maruza
Maruzaning rajasi	Reja; 2.1. Al'fa emirilish qonuni 2.2. Beta emirilish qonuni 2.2.1. Beta-turg'unlik sharti va parchalanish turlari. 2.2.2. Beta-parchalanishlarda energiya munosabatlari. 2.2.3. Beta-spektr va neytrino. Xulosa Faydolangan adabiatlar
Mavzuning maqsati	Talabalarga atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlarini o'rgatish.
Tayanish tushinsilar	Emirilish, Emirilish turlari, elektron, atom, yadro, praton, yadroliq qa'ddiler.
Pedagogik vaziypalar:	Oqiw ishkarligining natijjalari: Al'fa emirilish qonunini urganadi. Beta emirilish qonuni biladi. Beta-turg'unlik sharti va parchalanish turlarini biladi. Beta-parchalanishlarda energiya munosabatlarini urganadi. Beta-spektr va neytrino nima ekanini biladi.
Kursting maqsat va vaziypalari bilan tanistirish	Emirilishning asosiy qonunlarini o'qitish orqali talabalarga bilim berish.
O'qitish uslublari	Maruza, tushindirish, blits-soraw, aqil hujimi, klaster
O'qitish vositalari	Maruza matni, komp'yuter texnologiyasi, slaydlar
O'qitish formalari	Frontal, kollektivlik formada

O'qitish sha'riyati	Texnikvositalar bilan ta'miynlangan xonada o'qitish.
Monitoring va bahalash	Baqlash, agiz eki sovollar, yazma tapshiriqlarni bajarish, test, mustaqilishlar

1. Atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlari

Radioaktiv yemirilish statistik xususiyatga ega bo'lgan jarayondir. Yemirilayotgan yadrolardan qaysi birini qachon yemirilishini aytolmaymiz. Lekin vaqt birligi ichida nechitasi yemirilishligini aniqlash mumkin. Shuning uchun radioaktivlikni yemirilish ehtimoliyatiga ko'ra o'rganish mumkin. Radioaktiv yadrolar qarimaydi, yoshga ega emas, yemirilish intensivligi vaqt birligida yemirilgan yadrolar soniga bog'liq. Vaqt birligida yemirilayotgan (dN) radioaktiv yadrolarning soni shu radioaktiv yadrolarning umumiy soni N ga proportsional. Masalan, dt vaqt oralig'ida dN ga kamayayotgan bo'lsa,

$$-dN = \lambda N dt$$

bo'ladi. Bu yerda λ – radioaktiv yemirilish doimiysi, o'lchami $[s^{-1}]$. Vaqt birligida yemirilishlar soni, nisbiy kamayish tezligini ifodalaydi – manfiy ishora vaqt o'tishi bilan radioaktiv yadrolar sonining kamayishini ko'rsatadi.

Tepadagi tenglamani yechish uchun kuyidagicha yozamiz:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

integrallasak

$$\int \frac{dN}{N} = -\lambda \int dt ;$$

$$\ln N = -\lambda t + \ln C$$

$$t=t_0$$

bo'lganda;

$$N=N_0;$$

$$\ln N = \ln C = \ln N_0$$

$$N=N_0=C$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t;$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

formula radioaktiv yemirilish qonuni deyiladi.

Bu qonunga ko'ra radioaktiv yadro vaqt o'tishi bilan eksponensial ravishda kamayib boradi. Formula istalgan vaqt momentida yemirilish ehtimoliyatini aniqlashi mumkin. Lekin radioaktiv yadrolarning yemirilish intensivliklarini bevosita taqqoslab bo'lmaydi, aniq fizik ma'noga ega emas. Shu maqsadda yarim yemirilish tushunchasi kiritiladi. Yarim yemirilish davri shunday vaqt, bu davr ichida dastlabki radioaktiv yadro ikki marta kamayadi.

U holda quyidagisha yoza olamiz:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}};$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}};$$

$$\ln 2 = \lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

ifoda yarim yemirilish davri bilan yemirilish doimiysi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

Radioaktivlik yana o'rtacha yashash vaqti deb ataluvchi τ - kattalik bilan ham xarakterlanadi. Biror t vaqt momentida yemirilmay qolgan yadrolarning

yashash vaqti t dan katta bo'ladi. Shu vaqt momentiga qadar yemirilgan yadrolar esa t dan kichik yoki unga teng yashash vaqtiga ega. Bunday yadrolar soni

$$dN(t) = \lambda N(t)dt = \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt$$

O'rtacha yashash vaqti;

$$\begin{aligned} \tau = t &= \frac{\int_0^{\infty} t dN(t)}{\int_0^{\infty} dN(t)} = \frac{\int_0^{\infty} \lambda N_0 t e^{-\lambda t} dt}{\int_0^{\infty} \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt} = \frac{\lambda N_0 \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt}{\lambda N_0 \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt} = \frac{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} t + \frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{-\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t}} = \\ &= \frac{\frac{1}{\lambda} \int e^{-\lambda t} dt}{\frac{1}{\lambda}} = -\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} = \frac{1}{\lambda}; \tau = 1/\lambda \end{aligned}$$

τ -ning qiymatini yoqridagi ifodaga qo'ysak;

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-1} = N_0/e$$

Demak, o'rtacha yashash vaqti radioaktiv yadrolarning e -marta kamayish vaqti ekan.

Shunday qilib, radioaktivlikni yemirilish doimiysi, yarim yemirilish davri va o'rtacha yashash vaqti bilan xarakterlanishi mumkin ekan. Bu kattaliklar o'zaro quyidagicha munosabatda:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} = 0,693\tau$$

Radioaktiv namunaning vaqt birligida yemirilishlar soni aktivlik deb ataladi.

Formuladan;

$$dN = \lambda N dt$$

$$A = - \frac{dN}{dt} = \lambda N ;$$

Aktivlik birligi qilib SI sistemasida bekkerel (Bk) qabul qilingan: $1\text{Bk}=1$ yemir/s. Hosilaviy birliklari kyuri (Ku), rezerford (Rd); $1\text{Ku}=3,7\cdot 10^{10}\text{Bk}$, $1\text{Rd}=10^6\text{Bk}$.

Tajribada radioaktiv manba yarim yemirilish davrining katta yoki kichikligiga ko'ra turlicha uslublar qo'llaniladi. Masalan, aktivlikning pasayishi ($T_{1/2}$ -soat, kun, oylarda bo'lsa), qisqa yashovchi bo'lsa, hosil bo'lgan ion toklariga ko'ra, radiometr, mos tushish usullari va h.k.

Radioaktivlik hodisasining eng ajablanarli tomoni yadro ta'sirlashuv vaqtiga nisbatan juda katta kechikishidir. Haqiqatdan ham yemirilishlar barcha turlari yadroda kechadi. Ma'lumki, yadro kuchlari uchun ta'sirlashuv vaqti $\sim 10^{-21}$ s, lekin radioaktiv yemirilish davri esa 10^{10} yillar (M: ^{238}U uchun $T_{1/2}=10^{10}$ y, bu 10^{17} s) bo'ladi. Ya'ni ^{238}U yadrosidan chiquvchi α - zarra yadroda 10^{38} marotaba aylanadi navbatdagi $10^{38}+1$ aylanishda yadrodan chiqishi mumkin ekan.

Radioaktiv yemirilishlarda nurlanishlarning kechikishi quyidagicha:

1) Zaryadli zarralar yadrodan chiqishda Kulon to'sig'iga uchraydi (Kulon to'sig'i og'ir yadrolarda ~ 30 MeV, yemirilish energiyasi ~ 4 MeV. Klassik fizika qonunlari bo'yicha yadrodan zarra chiqishi mumkin emas, kvant mexanikasi bo'yicha zarra to'siqdan sizib o'tishi mumkin).

2) Radioaktivlik kuchsiz ta'sirlashuvga ko'ra ro'y berishligi. (Yadroda beta-yemirilish kuchsiz ta'sirlashuvga ko'ra amalga oshadi, shunga ko'ra yadro ta'sirlashuvdan kuchsiz ta'sirlashuv necha marta kichik bo'lsa, yemirilish vaqti shuncha marotaba kechikadi).

3) Yemirilish energiyasining kichik bo'lishligi radioaktivlik vaqtini kechiktiradi. (Masalan, yuzta nuklonli $A=100$ yadro uyg'onish energiyasi 10 MeV bo'lsin. Har bir nuklonga 0,1 MeV to'g'ri keladi, bu energiya solishtirma bog'lanish energiyasidan kichik, lekin hamma uyg'onish energiyani birorta nuklonga berishi, bu bilan nuklon chiqib ketishi ehtimoliyati bor).

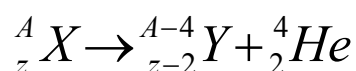
4) Radioaktiv yadro va mahsul yadrolar kvant xususiyatlarining (spin, juftlik, orbital moment) keskin farq qilishligi. Masalan, dastlabki yadro $h_{11/2}$ holatda, mahsul yadro $S_{1/2}$ holatda bo'lsin, bunda dastlabki yadro uchun $I=11/2$, $l=5$, $R=-1$, mahsul yadro uchun $I=1/2$, $l=0$, $R=+1$, $\Delta I=5$, $\Delta l=5$ juftlik o'zgaradi. Demak, spin, orbital moment, juftlik saqlanmasligi yemirilishni ta'qiqlaydi.

2. Alfa emirilish qonuni

Alfa-yemirilish yadroviy kuchlar ta'sirida barcha saqlanish qonunlarining bajarilishligi bilan ro'y beradi. Alfa zarralar xossalarini o'rganish zaryadi $Z=2$, massa soni $A=4$, bog'lanish energiyasi $e=28$ MeV, spini $I=0$, magnit momenti $\mu=0$ bo'lgan yalong'och geliy atomi ekanligini ko'rsatdi.

Tabiiy radioaktiv alfa-yemirilish faqat davriy sistemaning oxiridagi $Z>82$ vismutdan keyin joylashgan og'ir element izotoplarida kuzatiladi. Sun'iy ravishda nuklonlar soni $A=140-160$ sohada yotuvchi nodir yer elementlarida ham alfa aktiv izotoplar hosil qilinadilar.

Alfa-yemirilgan yadro zaryadi $\Delta Z=2$, massa soni $\Delta A=4$ ga kamayadi, davriy sistemada ikki katak oldinga siljiydi:



Alfa-yemirilish energetik jihatdan mumkin bo'lishi uchun ushbu shart bajarilishi lozim:

$$M(A, z) > M(A - 4, z - 2) + M({}^4_2He)$$

ya'ni dastlabki ona yadroning massasi (energiyasi) hosilaviy yadro va alfa-zarra massa(energiya)lari yig'indisidan katta bo'lishi kerak.

Energiyalar farqiga α -yemirilish energiyasi e_α deyiladi. Yemirilish energiyasi bo'laklarga (α -zarra va hosilaviy yadrolarga) kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

$$E_\alpha = [M(A, z) - M(A - 4, z - 2) - M({}_2^4\text{He})]c^2 = T_\alpha + T_{h.ya}$$

bu yerda $T_\alpha + T_{h.ya}$ -lar α -zarra va hosilaviy yadrolar kinetik energiyalari.

Agar yemiriluvchi yadro nisbatan tinch holatda $R(A, Z)=0$ bo'lsa, alfa zarra (p_α) va hosilaviy yadro ($p_{h.ya.}$) impulsar tengligidan α -zarra va hosilaviy yadrolar tepki energiyasini topish mumkin;

$$\vec{p}(A, z) = \vec{p}_\alpha + \vec{p}_{h.ya.}$$

$$\vec{p}(A, z) = 0 \qquad \left| \vec{p}_\alpha \right| = \left| \vec{p}_{h.ya.} \right|$$

$$M_\alpha T_\alpha = M_{h.ya.} T_{h.ya.}; \qquad T_{h.ya.} = \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} T_\alpha$$

Bu shartdan;

$$E_\alpha = T_\alpha + T_{h.ya.} = T_\alpha + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}} \cdot T_\alpha = \left(1 + \frac{M_\alpha}{M_{h.ya.}}\right) \cdot T_\alpha ;$$

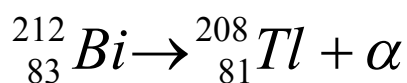
$$T_\alpha = \frac{M_{h.ya.}}{M_\alpha + M_{h.ya.}} \cdot E_\alpha$$

Xuddi shuningdek;

$$T_{h.ya.} = \frac{M_a}{M_a + M_{h.ya.}} \cdot E_\alpha$$

Shunday qilib, α -yemirilish energiyasi e_α ning asosiy qismi zarra kinetik energiyasiga, ozgina ($\sim 2\%$ ga yaqin) qisminigina hosilaviy yadro tepki energiyasiga sarf bo'lar ekan.

Masalan;



yemirilishda $e_\alpha = 6,203 \text{ MeV}$

(4.8) va (4.9) formulalarga ko'ra

$$T_{h.ya} = \frac{M_a}{M_a + M(Tl)} \cdot E_\alpha = \frac{4}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 1,117 \text{ MeV}$$

$$T_a = \frac{208}{4 + 208} \cdot 6,2 \text{ MeV} = 6,08 \text{ MeV}$$

Alfa-yemiriluvchi yadrolar bo'yicha tajriba xulosalari:

1) Ko'pgina yadrolardan chiquvchi α -zarralar energiyasi monoxromatik.

2) Ayrim hollarda energiyalari bir-birlariga yaqin bo'lgan bir necha monoxromatik α -zarralar chiqarishadi, bunga α -yemirilishning nozik strukturasi deyiladi. Masalan,

$$T_{\alpha 1} = 4,88 \text{ MeV} (96\%)$$



$$T_{\alpha 2} = 4,68 \text{ MeV} (4\%)$$

Qavs ichida α -zarralar intensivligi foiz hisobida keltirilgan.

Alfa yemirilishning nozik strukturasi dastlabki yemiriluvchi ona yadroning hosilaviy yadro uyg'ongan holatlariga yemirilish tufayli hosil bo'ladi. Hosilaviy yadro asosiy holatiga uyg'ongan holatidan gamma-kvantlar chiqarish bilan asosiy holatga o'tadilar. Alfa spektr nozik strukturasi hosilaviy yadroning uyg'ongan holatlari va energiyalarini, ya'ni yemirilish sxemasini aniqlash imkoniyatini beradi. Alfa spektr nozik strukturasi α_0 -energiyasi yemirilish qiymatiga mos kelsa, qolgan $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ - zarralar energiyalari mos ravishda uyg'onish energiya qadar kichik chiqadi. Ba'zi hollarda alfa yemiriluvchi ona yadroning uyg'ongan holatidan hosilaviy yadro asosiy holatiga yemirilish bilan ro'y berishi mumkin. Bu alfa zarralar kinetik energiyasi uyg'onish energiyasi qadar katta bo'ladi. Bunday alfa-zarralar uzoq chopuvchi alfa-zarralar deb ataladi. Bunda $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ lar α_0 -dan uyg'onish energiyalari qadar energiyalari ortiq bo'ladi. Uzoq chopuvchi α -zarralar yemiriluvchi yadroning yemirilish sxemasini aniqlash imkoniyatini beradi.

3) Alfa zarralar intensivligi energiyasiga bog'liq bo'lib, energiyasi oshishi bilan intensivligi keskin osha boradi.

4) Alfa tabiiy radioaktiv izotoplardan chiquvchi α -zarralar energiyalari $4\text{MeV} < T_\alpha < 9\text{ MeV}$ oralig'ida, bu yadrolarning yarim yemirilish davrlari $T_{1/2}$ esa $3 \cdot 10^{-7}$ sekund $< T_{1/2} < 5 \cdot 10^{15}$ yil oralig'ida bo'ladi. Alfa zarralar kinetik energiyalari nisbati 2,5 marta o'zgarsa, yarim yemirilish davrlari nisbati 10^{24} marotaba o'zgaradi. Lekin shunday katta farq bo'lishiga qaramasdan alfa yemirilish davri bilan energiyasi o'rtasidagi aloqadorlik mavjud. Alfa zarralar energiyasi 1% kamaysa, yarim yemirilish davri 10 marotaba oshadi, agar energiya 10% kamaysa, yarim yemirilish davri 2-3 tartibga o'zgaradi. Tajriba natijalariga asoslanib bu bog'lanishni 1911-1922 yillar Geyger-Nettollar aniqlaganlar.

$$\lg \lambda = A' \lg R_\alpha + B$$

Bu yerda λ -yemirilish doimiysi, A, V –doimiy sonlar (radioaktiv oilalarga xos bo'lgan o'zgarmas son), R_α - α -zarraning havoda chopish masofasi. Alfa

zarraning havoda chopish masofasi kinetik energiyasi orqali $R_{sm}=0,3 T_{\alpha}^{3/2}$ MeV ifodalanadi. U holda bu ifodani,

$$\lg \lambda = A \lg T_{\alpha} + V$$

ko'rinishda yozamiz.

Geyger-Nettol formulasi ahamiyati shundaki, uzoq yashovchi alfa yemiriluvchi yadrolarning yarim yemirilish vaqtini bevosita o'lchash mumkin bo'lmagan yadrolarda bu yadrolardan chiqayotgan hajm energiyasi, ikkinchi α -zarralar kinetik energiyasiga ko'ra yemirilish vaqtini aniqlash mumkin.

5) Alfa yemirilish energiyasi massa soniga bog'liq bo'lib, massa sonining oshishi bilan energiyasi oshib boradi, bu o'zgarishda ikkita maksimum qiymati uchraydi: biri $A=145$ da, ikkinchisi $A=212$ da.

Alfa energiyasining massa soni A oshishi bilan o'sib borishligini tomchi modeliga ko'ra, Kulon energiyasi oshishligi bu bilan bog'lanish energiyasining kamayib, massasini oshib borishligi bilan tushuntirish mumkin. Ya'ni dastlabki yadroda hosila yadroga qaraganda zaryad katta, Kulon energiyasi katta, bog'lanish energiyasi kichik, massasi esa oshib boraveradi. Alfa zarralar energiyasi oshib borishligini solishtirma bog'lanish energiyasiga ko'ra tushuntirish mumkin. Solishtirma bog'lanish energiyasini massa soniga bog'liqlik grafigidan ko'rinib turibdiki, o'ta og'ir yadrolarga qariyb 5,5 MeV to'g'ri keladi. Bu degan so'z, og'ir yadrodan bir proton yoki bir neytronni ajratib olish uchun yadroga 5,5 MeV energiya berish zarur, demakdir.

3. Beta- emirilish qonuni

Radioaktiv yadro β -yemirilish tufayli qo'shni izobar yadroga o'tadi. Beta-yemirilishda yadro zaryadi $\Delta Z \pm 1$ ga o'zgaradi, massa soni A o'zgarmaydi. Beta-yemirilish energiyasi 18 keV dan 16 MeV gacha bo'lib, barcha yadrolar sohasida

kuzatiladi. Beta-zarraning aynan elektron ekanligiga $\beta = e$ kuyidagi ilmiy dalillarni keltirish mumkin:

- 1) β^- - zarra zaryadi, massasi, spini, magnit momenti elektronnikiga teng;
- 2) β^+ - zarra atom qobiq elektronlari bilan annigillyatsiya beradi $\beta^+ + e \rightarrow \gamma + \gamma$ (annigillyatsiyalashuvni faqat antizarralargina vujudga keltiradi);
- 3) Beta-yemirilish atom qobiq elektronlarini yadro tomonidan qamrab olish bilan ham bo'ladi.
- 4) Beta-zarra elektron kabi Pauli tamoyiliga buysunadi, yadrodan chiquvchi β -zarra atom qobig'ida to'xtab qolmaydi, albatta, atomdan tashqariga chiqib ketadi.

Shunday qilib, aytish mumkinki, β -zarra aynan elektron ekan.

Ikkinchi tomondan β -zarra yadroda tayyor holda mavjud emas. Yadro proton va neytronlardan iboratdir. Agar yadroda β -zarra mavjud deyilsa, u holda yadroning spin va magnit momentlarini tushuntirib bo'lmaydi. Bundan tashqari, energiyasini ham tushuntirib bo'lmaydi. Haqiqatan ham impuls va koordinata noaniqligi tamoyiliga asosan;

$$\Delta p \Delta r \geq \hbar$$

$$\Delta p = \frac{\hbar}{\Delta r} = \frac{10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}}{10^{-12} \text{ sm}} = 10^{-15} \frac{\text{erg} \cdot \text{s}}{\text{sm}}$$

$$T = \Delta p \cdot c = 10^{-15} \frac{\text{erg} \cdot \text{s}}{\text{sm}} \cdot 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{sm}}{\text{s}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ erg} =$$

$$= 3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-6}} \text{ MeV} = 20 \text{ MeV}$$

β -yemirilish energiyasidan katta bo'lib ketadi.

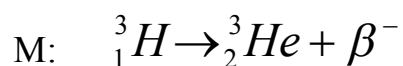
Xulosa qilib aytish mumkinki, β -zarra yadroda tayyor holda mavjud emas, yemirilish vaqtidagina paydo bo'ladi.

Yadroda β -yemirilish jarayonini yadroda nuklonlarning o'zaro almashinuvchi, ya'ni protonlarning neytronlarga yoki neytronlarning protonlarga almashinuvi tufayli deb qarash kerak. Beta-yemirilish nuklonlar almashinuviga xos jarayondir. β -zarralar manbai nuklonlardir. Yadrodan tashqaridagi erkin neytron yarim yemirilish davri 11,7 min. davr bilan proton va beta-zarraga yemiriladi, yadro ichida proton ham β -yemirilishini vujudga keltiradi.

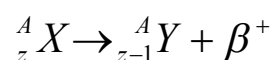
Shuni alohida ta'qidlash mumkinki, erkin neytron $n \rightarrow p + \beta^-$ - bo'yicha β^- -yemirilar ekan. Bu yemirilish yadro va elektromagnit kuchlari tufayli deb bo'lmaydi, chunki yadro kuchlari qisqa masofada ta'sirlashuv xususiyatiga ega bo'lgani uchun erkin neytronga ta'sir etmaydi, neytron zaryadsiz bo'lgani uchun elektromagnit kuchlari ham ta'sir etmaydi. Demak, beta-yemirilish alohida kuchlar, ya'ni kuchsiz ta'sirlashuv deb ataluvchi kuchlar tufayli ro'y beradi.

Beta- parchalanishning uch xili uchraydi: β^- -yemirilish, β^+ -yemirilish va e-qamrash.

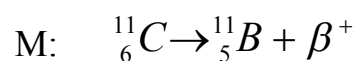
1. β^- - parchalanish yadroda neytronlar ortiqcha bo'lishsa, $n \rightarrow p + \beta^-$ yemiriladi, bu bilan ${}_z^AX \rightarrow {}_{z+1}^AY + \beta^-$ zaryadi bittaga oshadi.



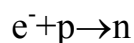
2. Agar yadroda protonlar ortiqcha bo'lishsa, $n \rightarrow p + \beta^+$ -yemiriladi, bu bilan



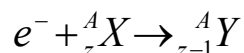
zaryadi bittaga kamayadi.



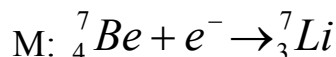
3. Atom qobig'idagi elektronni yadro qamrab olishi



bu bilan yadro zaryadi bittaga kamayishi;



mumkin.



Elektron qamrash ehtimoliyati atom qobig'ining yadroga eng yaqin joylashgan K-qobiq elektronlari uchun eng katta. Bu jarayonda rentgen nurlari va chet qobiq elektronlari chiqishi kuzatiladi.

3.1. Beta-parchalanishlarda energiya munosabatlari.

1. Yuqorida bayon qilinganidek, β^{-} -yemirilishda yadro zaryadi bittaga oshadi. Shuning uchun dastlabki yadro massasi $M(A,Z)$ hosila yadro $M(A,Z+1)$ va elektron massasi m_e dan katta bo'lishi kerak;

$$M(A, Z) > M(A, Z+1) + m_e$$

Odatda yadro massasi emas, atom massasi ishlatiladi. Shuning uchun tenglamaning har ikkala tomoniga Zm_e massani qo'shsak atom massasi hosil bo'ladi

$$M_{\text{at}}(A, Z) > M_{\text{at}}(A, Z+1)$$

β^{-} -yemirilish energiyasi elektronlar bog'lanish energiyalarini hisobga olmaganda dastlabki va hosila atomlar massalari ayirmasiga teng bo'ladi

$$e_{\beta} = [M_{\text{at}}(A, Z) - M_{\text{at}}(A, Z+1)]c^2$$

2. β^{+} -parchalanishda yadro zaryadi bittaga kamayadi. Shunga ko'ra

$$M(A, Z + 1) > M(A, Z) + m_e$$

Atom massalari bilan ifodalash uchun $(Z+1) m_e$ qo'shsak

$$M_{at}(A, Z+1) > M_{at}(A, Z) + 2 m_e$$

β^+ - parchalanish energiyasi

$$e_{\beta^+} = [M_{at}(A, Z+1) - M_{at}(A, Z) - 2m_e]c^2$$

Hosila yadro atomida bitta elektron kam edi va yana bitta elektron yemirilishi lozim, shuning uchun dastlabki yadro hosila yadrodan eng kamida

$2 m_e = 1,02 \text{ MeV}$ energiya ortiq bo'lishi shart.

3. Elektron qamrab olinganda qobiq elektronni yadro tomonidan qamrab oladi, bu bilan yadro zaryadi bittaga kamayadi

$$e^- + M(A, Z + 1) > M(A, Z)$$

Atom massalari bilan ifodalash uchun zm_e qo'shsak,

$$M_{at}(A, Z+1) > M_{at}(A, Z)$$

Elektron qamrash energiyasi;

$$e_e = [M_{at}(A, Z+1) - M_{at}(A, Z)]c^2$$

Formulalardan energetik shartlardan yemirilish energiyasi $1,02 \text{ MeV}$ dan katta bo'lganda β^+ va e_q hodisalari bir vaqtda ro'y berishligi ko'rinib turibdi. Yemirilish energiyasi $1,02 \text{ MeV}$ dan kichik bo'lganda faqat elektron qamrash bo'ladi, agar $1,02 \text{ MeV}$ dan qanchalik yuqori bo'lsa, β^+ yemirilish jarayoni elektron-qamrash jarayoni bilan shunchalik kuchli raqobat qiladi. Bu jarayonlarning ehtimolligi ω ning nisbati yadroning zaryadiga ham bog'liq. $\omega_{eq}/\omega_{\beta^+}$ nisbat berilgan yemirilish energiyasida Z ning ortishi bilan ortib boradi. Yengil va o'rta yadrolarda β^+ -yemirilish ehtimoliyati katta, chunki qobiq elektronlarining yadroga tushish ehtimoliyati kichik, yadro zaryadi o'sishi bilan qobiq yaqinlashadi biror qobiq elektronlarning yadroga tushish ehtimoliyati ω -yadro hajmining atom elektronlar qobiqlari hajmi nisbatiga teng;

$$\omega = \left(\frac{R}{r_0} \right)^3$$

bu yerda: R-yadro radiusi, $R=10^{-12}$ - 10^{-13} sm, r_0 -atom qobiq radiusi $r_0=10^{-8}$ - 10^{-10} sm.

Bundan ko'rinib turibdiki, og'ir yadrolarda R o'sib boraveradi, elektron qobiq radiusi r_0 kichiklashaveradi, bu esa elektron qamrash ehtimoliyatini keskin oshiradi.

3.2. Beta-turg'unlik sharti va parchalanish turlari.

Beta- parchalanishda yadro zaryadi o'zgaradi, massa soni o'zgarmaydi, ya'ni izobar yadrolar ichida eng katta bog'lanish energiyasiga ega bo'lgan yadro β – parchalanishga nisbatan turg'un, qolganlari esa radioaktiv bo'ladi.

Ma'lumki, bog'lanish energiyasi massasi bilan quyidagicha bog'langan

$$M = Zm_p + (A - Z)m_n - \Delta E_{bog'}$$

$\Delta E_{bog'}$ - energiyasi uchun Veytsezekker formulasi orqali ifodasini keltirib qo'ysak

$$M = Zm_p + (A - Z)m_n - \alpha A + \beta A^{2/3} + \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} + \xi \frac{\left(\frac{A}{2} - Z \right)^2}{A} - \delta A^{-3/4}$$

Bul ifodadan ko'rinib turibdiki, yadro massasi M yadro zaryadi Z^2 – bog'lanishda bo'lib, grafigi parabola chizig'ini beradi. Izobar yadrolar $A=\text{const}$ ichida β -turg'unlik sharti bog'lanish energiyasining maksimum, massasining eng minimum qiymatiga mos keladi. Shuning uchun Bul ifodani $A=\text{const}$ deb o'zgaruvchi Z ga nisbatan M ning maksimum qiymatini olish lozim, buning uchun Z bo'yicha hosilasini olib, ekstrum qiymatini topamiz.

Bul ifodada 5 va 6 hadlar (Kulon va simmetriklik energiyalariga mos keluvchi) Z ga bog'liq;

$$\gamma Z^2 A^{-1/3} + \xi \frac{(A - 2Z)^2}{A} = 0$$

$$\gamma Z^2 A^{-1/3} + \xi \frac{A^2 - 4AZ + 4Z^2}{A} = \gamma Z^2 A^{-1/3} + \xi A - 4Z\xi + 4Z^2 \xi \frac{1}{A} = 0$$

hosila olsak,

$$2\gamma Z A^{-1/3} - 4\xi + 8\xi Z \frac{1}{A} = 0$$

A ga ko'paytirsak

$$2\gamma Z A^{2/3} - 4\xi A + 8\xi Z = 0$$

$$Z(\gamma A^{2/3} + 4\xi) = 2\xi A$$

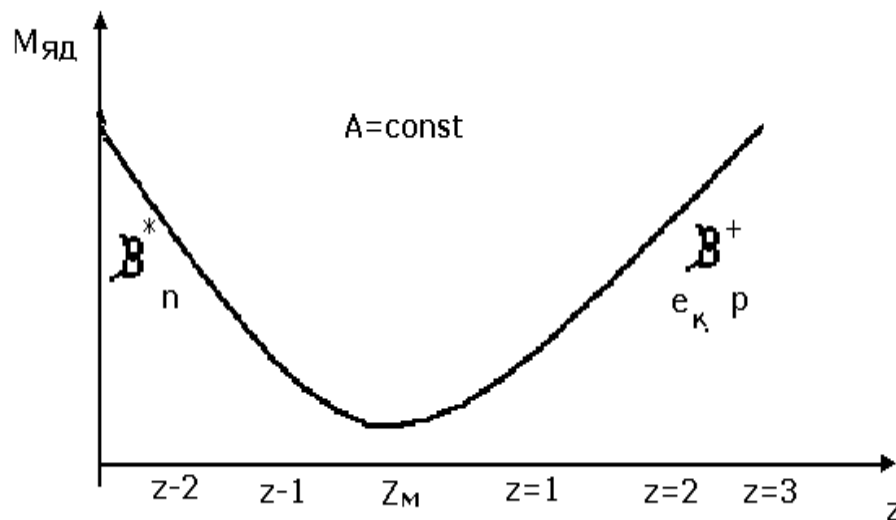
$$Z = \frac{2\xi A}{\gamma A^{2/3} + 4\xi} = \frac{A}{2 + \frac{\gamma A^{2/3}}{2\xi}}$$

$\gamma=0,710$ MeV, $\xi=23,7$ MeV qiymatini e'tiborga olsak ifoda

$$Z = \frac{A}{2 + \frac{0,710}{23,7} A^{2/3}} = \frac{A}{2 + 0,015 A^{2/3}}$$

Bul ifoda β -turg'unlik shartini ifodalaydi. $Z=Z_m$ muvozanat zaryad deb ataladi. A sonli izobarlarda zaryadi $Z > Z_m$ bo'lsa, bu yadrolarda protonlar ortiq bo'lib, neytron noyob yadrolar hisoblanadi, bu yadrolar $p \rightarrow n + \beta^+$, β^- yoki e_q yo'li bilan zaryadini kamaytirib muvozanatga intilsa, $Z < Z_m$ yadrolarda esa neytronlar

soni ortiqcha bo'lib, protonlar noyob bo'lishadilar, bu soha yadrolar $n \rightarrow p + \beta^-$, β^- yemirilish bilan zaryadlarini oshirib muvozanat holatga kela boshlaydilar (6-rasm).



6- rasm

Beta-yemiriluvchi yadrolarning toq-juft bo'lishiga ko'ra parabola chizig'i bir-birlariga nisbatan siljigan bo'lishadilar. Juft-juft yadrolarda bog'lanish energiyasi katta bo'lgani uchun parabola chizig'i eng pastga siljigan bo'ladilar.

Beta turg'un holatdan uzoqlashib ketishsa $Z_m > Z$ β^- -yemiriluvchi neytron ortiq yadrolar neytron yemirilishi, $Z_m < Z$ proton ortiq β^+ , e^- - yemiriluvchi yadrolar proton yemirilishi mumkin.

3.4. Beta-spektr va neytrino.

Beta-yemirilishda alfa-yemirilishdagi kabi beta-zarralar spektri diskret va monoenergetik bo'lishi kerak edi. Lekin beta – radioaktiv yemirilishlarda hosil bo'lgan beta-zarralar spektri uzluksiz ekanini ko'rsatdi (7-rasm). Beta-zarralarning maksimal kinetik energiyasi $(T_e)_{\max}$ beta-yemirilish energiyasiga yaqin bo'ladi

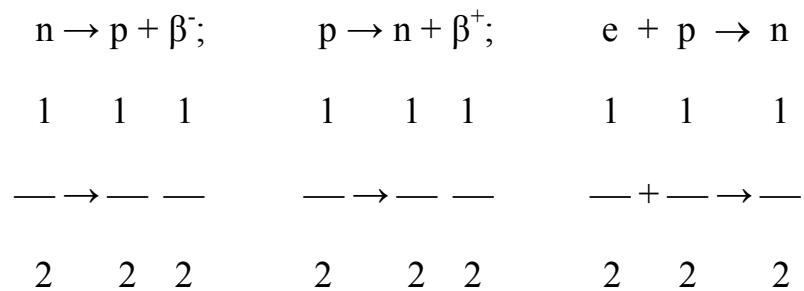
Beta-yemirilishda chiquvchi β -zarralar energiyasi uzluksiz bo'lib, energiyasi noldan $e_{\max}$ gachadir. Dastlabki va mahsul yadrolarning energiya holatlari diskret

bo'lib, bu holatlar orasida vujudga keluvchi β -zarralar energiyalari uzluksiz bo'lishligi bu jarayonda energiya saqlanmasligini ko'rsatadi. β -yemirilishda spektrning uzluksizligini tushuntirish uchun turlicha taxminlar qilindi.

Masalan:

1) β -yemirilishda yadroning uyg'ongan holatlariga yemiriladi, uyg'ongan holatdan gamma-kvantlar chiqarish bilan asosiy holatga o'tadilar deb qarashadi. Bu to'g'ri emas, ko'pgina yadrolardan gamma-kvantlar umuman nurlanmaydi.

2) Ikkinchisi β -yemirilishda vujudga kelgan zarralar energiyasining bir qismi atomda yutiladi deb qaraladi. Bu taxminni aniq kilometrik o'lchashlar tasdiqlamaydi, spinini ham tushuntirib bo'lmaydi;



Beta-parchalanishda spektrning uzluksizligi 1931 yili Shvetsariyalik V.Pauli β -yemirilishda β -zarradan tashqari yana bir zarra chiqishligi va yemirilish energiyasi bu ikki zarra o'rtasida taqsimlanishini bashorat qildi. β -yemirilishda chiquvchi ikkinchi zarra zaryadsiz $Z=0$ bo'lishi, tinch holatdagi massasi nol bo'lishi, chunki β^- spektr maksimum energiyasi β -yemirilish energiyasiga aynan teng, spini $1/2$ yoki $3/2$, magnit momenti ham nol yoki nolga yaqin, ta'sirlashuv kesimi $\sigma=10^{-44} \text{ sm}^2$ bo'lishi lozim. Bu zarraga neytrino deb nom berildi.

Neytrino zaryadsiz, massasiz zarra bo'lgani uchun bu zarrani qayd qilib, tutib bo'lmaydi. Neytrino uchun muhitda erkin chopish masofasi

$$l = \frac{1}{n\sigma} = \frac{1}{10^{22} \text{ sm}^{-3} \cdot 10^{-44} \text{ sm}^2} = 10^{22} \text{ sm} = 10^{17} \text{ km}$$

Yadro suyuqligida

$$l = \frac{1}{n\sigma} = \frac{1}{10^{38} \text{ sm}^{-3} \cdot 10^{-44} \text{ sm}^2} = 10^6 \text{ sm} = 10 \text{ km}$$

Neytrinoning tinch holat massasi qiymati β -spektrga ko'ra aniqlanadi. Neytrino massasi va β -spektr maksimum energiyalari farqiga teng. Tajriba natijalari neytrino massasining yuqori chegarasi $m_\nu < 35 \text{ eV}$ bo'lib, elektron massasidan 15 000 marotabalar kichik ekanligini ko'rsatadi.

Ko'pgina laboratoriyalardagi keyingi o'lchashlar neytrino massasi $14 < m_\nu < 46 \text{ eV}$ chegarada ekanligini ko'rsatadi.

Beta-yemirilishda neytrino borligini tasdiqlovchi tajribalarni o'tkazishni A.I.Alixanov (1904-1970), A.I.Alixanyanlar (1908-1978) (${}^7_4\text{Be} + e^- \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \nu$) ${}^7\text{Ve}$ ning e_q -qamrash jarayonida neytrinoning Li yadrosiga bergan tepkisini o'lchashni tavsiya etdi. Bu yemirilishda yemirilish energiyasi

$$E = [M_{at}({}^7_4\text{Be}) - M_{at}({}^7_3\text{Li})]c^2 = [7,01916 - 7,01824] \cdot 931,4 \text{ MeV} = 0,864 \text{ MeV}$$

Yemirilish energiyasi $e_\beta = 0,864 \text{ MeV}$, demak, β^+ -yemirilish energetik jihatdan mumkin emas, faqat elektron qamrash bo'lishi mumkin. Neytrino massasi β -spektrga ko'ra aniqlansa, bor yo'qligi impulsiga ko'ra aniqlanadi.

Demak, ${}^7\text{Ve}$ –elektron qamrash jarayonida neytrino chiqadi va hosila yadro ${}^7\text{Li}$ ga tepki beradi.

Impuls saqlanish qonuniga ko'ra

$$|p_\nu| = |p_{Li}| = \sqrt{2M_{Li} \cdot T_{Li}}$$

Hosila yadro ${}^7\text{Li}$ ning olgan kinetik energiyasi

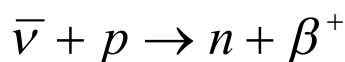
$$T_{Li} = \frac{p_{Li}^2}{2M_{Li}} = \frac{p_\nu^2}{2M_{Li}} = \frac{E_\nu^2}{2M_{Li}c^2} = \frac{E_\nu^2}{2M_{Li}c^2} = \frac{(0,864)^2 (\text{MeV})^2}{2 \cdot 7 \cdot 931 \text{ MeV}} = 57,3 \text{ eV}$$

Agar tarkibi ${}^7\text{Li}$ tepki energiyaga ega bo'lib, tepki energiyasi $57,3 \text{ eV}$ atrofida bo'lsa, β -yemirilishda neytrino borligi tasdiqlanadi, aks holda neytrino gipotezasi noto'g'ri.

Bu tajribani 1942 yili Amerikalik olim Allen o'tkazdi va ${}^7\text{Li}$ ning tepki energiyasi $T({}^7\text{Li})_t = (56,6 \pm 1,0) \text{ eV}$ ekanligini aniqladi. Bu bilan β -yemirilishda β -zarradan tashqari neytrino ham chiqishligini tajribada tasdiqladi.

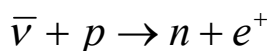
Bevosita neytrinoni qayd qilishlik katta quvvatga ega bo'lgan yadro reaktorlari yaratilgandan keyin amalga oshirildi. Og'ir yadrolarda neytronlar nisbatan ortiq bo'ladi, bu yadrolar ketma-ket β -yemirilib turg'un holatga o'ta boshlaydi. Har bir yemirilish aktida antineytrino ham chiqadi. Og'ir yadrolar har bir bo'linish aktiga 5-6 antineytrino to'g'ri keladi.

AQShlik Reynis (1918), Kouen (1919) lar 1953-1954 yillarda antineytrinoni bevosita qayd etishdilar. Ular beta-yemirilishda neytrino paydo bo'lsa, teskari jarayon ham bo'lishi kerak deb



reaktsiyadan foydalandilar. Reaksiya bo'lishligi uchun antineytrino energiyasi 1,8 MeV dan katta bo'lishi kerak, chunki $n + e^+$ lar p-massasidan shunchaga katta. Qurilma N_1 va N_2 bak nishonlar bilan ajratilgan uchta D_1 , D_2 , D_3 –bak detektorlardan tuzilgan. N_1 va N_2 bak-nishon qalinligi 7 sm dan CdCl_2 tuzi eritmasi bilan aralashtirilgan suv, D_1 , D_2 , D_3 -detektorlar (1,9x1,3x0,6 m) suyuq stsintillyatorlardan iborat. Stsintillyatsion suyuqlik hajmi 150 ta fotoelektron ko'paytirgich yordamida kuzatiladi. Qurilmani tashqi neytron va gamma-fotonlardan saqlash uchun sistema qo'rg'oshinli parafin qutichaga joylashtirilgan va po'lat qoplama bilan berkitilib, Yer ostiga chuqurlikka tushirilgan.

Tajriba quyidagicha o'tgan. Antineytrino manbai sifatida sekundiga 10^{18} - 10^{19} ta antineytrino oqimini beradigan yadro reaktori xizmat qilgan. Bak-nishonga kelib tushgan antineytrino nishon protoni bilan



reaktsiya bo'yicha ta'sirlashsa, neytron va pozitron hosil bo'ladi. Pozitron 1 sm atrofidagi masofani 10^{-9} s da o'tib elektron bilan annigillyatsiyalanadi ($e^+ + e^-$

$\rightarrow \gamma + \gamma$) va ikkita γ_2 gamma-foton hosil qiladi. Fotonlar moslama sxemaga ulangan D_1, D_2, D_3 -detektorlarda qayd qilinadi.

Neytron esa suvda ketma-ket to'qnashish natijasida o'z energiyasini kamaytirib Cd yadrosida yutiladi. Kadmiy yadrosi uyg'ongan holatdan umumiy energiyasi 10 MeVgacha bo'lgan bir necha γ_{Cd} gamma-fotonlar chiqarib asosiy holatga o'tadi. γ_{Cd} –kvantlar ham D_1, D_2, D_3 -detektorlarda qayd qilinadi. Qurilma antineytrinoning proton bilan o'zaro ta'sirlashishi sekinlatish oralig'i va neytronlar diffuziyasi vaqti (1 dan 25 mks gacha) bo'yicha siljigan ikki impulsning hosil bo'lishiga moslashgan mos tushish sxemasi asosida ishlaydi.

Qurilma 1400 soat uzluksiz ishlab bir soatda o'rtacha $2,88 \pm 0,22$ impulslarni qayd qildi. Bu antineytrino bilan protonning o'zaro ta'sir kesimi $\sigma_v \sim 10^{43} \text{ sm}^2$ ga teng ekanligini ko'rsatadi.

Antineytrinoning mavjudligi beta-yemirilish nazariyasini asosladi. Yana shuni ham eslatib o'tish kerakki, neytronning



sxemasi bo'yicha yemirilishi uning uchta zarradan (r, β, ν) tashkil topganini ko'rsatmaydi: r, β, ν lar yemirilish vaqtida vujudga keladi. Bu atomning bir energetik holatdan boshqasiga o'tganda foton sochilishiga o'xshaydi. Atomda «tayyor» foton bo'lmaganidek, neytron ichida «tayyor» zarralar yo'q.

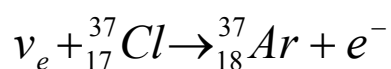
Neytrino bilan antineytrino bir xil emasligini 1956 yilda R.Devis o'z tajribalarida isbotladi. Haqiqatdan, neytrino bilan antineytrino bir xil bo'lsa,

$$\nu_e + n \rightarrow p + e^-$$

Kabi;

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

reaktsiya ham kuzatilar edi. R. Devis katta hajmdagi to'rt xlorli uglerod antineytrino oqimida nurlantirilib, uzoq kuzatishlar davomida



Reaktsiya natijasida bironta ham ${}^{37}\text{Ar}$ hosil bolmaganini ko'rsatdi. Hozir neytrino-antineytrino juftining boshqa xillari ham bor ekanligi malim boldi. Bizga malum neytrinining ush turi mavjud. Elektronlik mionlik va tau mezonlik neytrinolar hisoblanadi. Yaqindagina neytrinoning massasini ulshadi va yaponiya olimlari Nobel mubohatini olishdi.

Xulosa

Mutaxassislik bitirub ishi asosan fizikaning kushli revojlangan tarovi bulgan yadro fizikasiga ornalgan. Radioaktivlik hodisasini urganish hozirgi kunda katta moamolardan hisoblanib ekologiyaga bog'lik. Tekshirishlar natijasida radioaktiv nurlar α - zarralar, beta zarralar va gamma nurlanishlar ekanligi malum buldi. Bunda α - zarralar – o'z elektronlarini yo'qotgan geliy atomlaridir. Yaniy musbat zaryadga ega bo'lgan zarralar oqimi ekan, β - zarralar manfiy zariyadga ega zarrashalar oqimi xisoblanib elektronlar ekanligi malum buldi. Liykin keyinshalik musbat zariyadga ege pozitronlarda bête zarrashalar ekanligi malum buldi. Radioaktivlik nurlarning eng kushli magnit maydon tasiriga uchramagan nurlar, chastotasi yuqori bolgan γ - nurlardir ekanligini bilip oldik.

Bizga malum boldiki α – zarralar faqat atom yadrosi tarkibi uzgarishi tufayli chiqishi mumkin. Katta og'ir yadrolarda alfa parshalanish hodiysasi poyda buladi ekan. Shuningdek, β - nurlarning chiqishi ham element xususiyatining uzgarishi, uning boshqa elementga aylanishi bilan bog'langan. γ - nurlarning manbai ham yadrodagi uzgarishlardir. Demak, chiqayotgan hamma radioaktiv nurlar atom yadrosidagi uzgarishlar tufayli vujudga keladiganligini har qil uslublar bilan tushintirish maqsatka mubafiq buladi. Biz bu ishda atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlarini, ushaning ishida al'fa emirilish qonuni, beta emirilish qonuni, beta-turg'unlik sharti va parchalanish turlarini, beta-parchalanishlarda energiya munosabatlarini beta-spektr va neytrino muommalarini urgatishni maqsat qilib quyganmiz va ushaga erishdik dep xisoblayman.

Bu bitiruv malakoviy ishi talabalarga va oqituvshilarga metodik qullonma buladi.

Foydalangan adabietlar

1. R.Bekjonov. Yadro fizikasi. T. "O'qituvchi", 1975.
2. E. Rasulov. U. Begimqulov Kvant fizika elektron uquv qullanma I - qism.329 bet, 2005 y TDPU portalida: uuu.pedagog.uz yoki tdpu-INTRANET ped.
3. O. Qodirov, A. Boydedaev. Kvant fizika. Toshkent. O'zbekiston Milliy Kutubxonasi. 2005.
4. A. N. Matveev. Atomnaya fizika. Moskva. Vissshaya shkola. 1996.
5. K.N.Muxin. Eksperimental'naya yadernaya fizika. V dvux tomax. Moskva. Energoatomizdat. 1998.
6. A.Jumamuratov. Yadro fizikasi(Oqiw qollanba). Nukus-2013.
7. Bekmurzaev B.Yadro fizikasi. Jizox-2009j

Internet manbalari

8. [www. ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
9. www. google.com
10. www. wwings. ru
11. www. ppf. uni. udm. ru
12. www. talent. spb. ru wald. html
13. www. school. edu. ru
14. www. inter-pedagogika.

Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogik institutining «Fizika – astronomiyani o‘qitish metodiykasi» ta’lim yo‘nalishining 4-kurs talabasi Bekchanova Feruza Alisher qizining “ Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” mavzusidagi bitiruv malakaviy ishiga

F I K I R

Fizika – astronomiyani o‘qitish metodiykasi» ta’lim yo‘nalishining 4-kurs talabasi Bekchanova Feruza Alisher qizining “ Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” mavzusidagi bitiruv malakaviy ishini kuplagan adabiyatlardan foydalanib yozgan. O‘z gruxida yaqshi oqiydigan talabalardan biri bulib hisoblanadi. Fizika darsida o‘quv materiallarini asosan atom yadrosi bulimida litsey talabalariga radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini urgatish ansha munsha qiyin bo‘limlardan hisoblanadi. Bu ishda atom yadrosiga tegishli radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini oqitish texnologiyasini qullanilish kerakligini kursatgan. Atom yadrosining qususiyatlaridan Radioaktiv emirilishlar va ularning turlaridan boshlab yadro tuzilishi, emirilish turlari alfa emirilish, beta emirilish va gamma nurlanish neytrino va xususiyatlarini urgangan.

Talaba Bekchanova Feruza Alisher qizining “Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” mavzusidagi bitiruv malakaviy ishi bakalabr diplomini olish ushun etarli va “Yaqshi” bahoga turarlik dep xisoblayman.

Fikir bildirubshi:

prof. A.Jumamuratov

Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogik institutining «Fizika – astronomiyani o‘qitish metodiykasi» ta’lim yo‘nalishining 4-kurs talabasi Bekchanova Feruza Alisher qizining “Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” ma’vzusidagi bitiruv malakaviy ishiga

T A X R I Z

Fizika – astronomiyani o‘qitish metodiykasi» ta’lim yo‘nalishining talabasi Bekchanova Feruza Alisher qizining “Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” mavzusidagi bitiruv malakaviy ishi 38 baraxdan iborat bulib unda rasmlar va jadval berilgan. Bu ish kuydagi qism va bulimlardan turadi; 1- Kirish qismda; Atom yadrosining asosiy xususiati, Atom yadrosining radiaktiv emirilishi qonunlari berilgan, 2-Asosiy qismda, Atom yadrosi emirilishining asosiy qonunlari, Al’fa emirilish qonuni, Beta emirilish qonuni, beta-turg’unlik sharti va parchalanish turlari, beta-parchalanishlarda energiya munosabatlari, beta-spektr va neytrino, xulosa va faydolangan adabiatlar. Bu yadro fizikzsida asosiy tushinshalar hisoblanib yadro energetikasini urganishda daslapki moalumatlarni beradi.

Talaba Bekchanova Feruza Alisher qizining “Radioaktiv emirilishlar va ularning turlarini akademik litseylarda oqitish metodikasi” bitiruv malakaviy ishi bakalabr diplomini olish ushun yazilgan va “Yaqshi” bahoga turarlik.

Taxriz beruvshi;

f.m.f.n. Bekbergenov S.

