

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM
VAZIRLIGI

QARS’HI DAVLAT UNIVERSITETI

«TASDIQLAYMAN»
«FIZIKA-MATEMATIKA» FAKULTETI
DEKANI _____

«__» _____ 2009 YIL

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETINING «5440100 - FIZIKA»
TA‘LIM YO‘NALISHI UCHUN

YADRO FIZIKASI

FANIDAN

O‘QUV METODIK MAJMUA



Qarshi 2009 y

MUNDARIJA

ISHCHI DASTUR	3
FANNING ASOSIY MAQSADI VA VAZIFALARI.....	4
<i>YADRO FIZIKASI FANIDAN ISHCHI DASTUR BAJARILISHINING KALENDAR TEMATIK REJASI</i>	6
ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI	10
I ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI (OG'ZAKI).....	11
II ORALIQ NAZORAT VARIANTLARI (YOZMA)	11
III ORALIQ NAZORAT (TEST).....	12
YAKUNIY NAZORAT VARIANTLARI	21
MA'RUZA MATNI	30
AMALIY MASHG'ULOTLAR (ISHLANMA)	66
LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI (O'QUV USLUBIY QO'LLANMA)	67
MUSTAQIL ISH MAVZULARI	68
MUSTAQIL ISH ISHLANMALARI	69
ADABIYOTLAR RO'YXATI	74

ISHCHI DASTUR

Ishchi dastur 2003 yilda Oliy o'quv yurtlariaro ilmiy-metodik kengash tavsiyasiga asosan Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan o'quv dasturi dasturi bo'yicha tuzilgan bo'lib, «Astronomiya va optika» kafedrasining bayon №__ «__» _____ 2008 yilgi yig'lishida va «Fizika-matematika» fakulteti uslubiy komissiyasi tomonidan bayon №__ «__» _____ 2008 yilda ko'rib chiqilgan, hamda o'quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri: _____ dots.B.Quyliyev

**Fakultet uslubiy
komissiyasi raisi:** _____ prof.B.E.Xayriddinov

Tuzuvchi: _____ f.-m.f.n. M.Yuldashev

Fanning asosiy maqsadi va vazifalari.

Kirish. Ta'lim sohasining qisqacha tavsifi. Yadro fizikasi atom yadrosining tuzilishi, uning xususiyatlari, yadro kuchlarining tabiati, yadro ichidagi zarralarning o'zaro ta'sir qonunlari va yadroning parchalanishi, o'zgarishi haqidagi fandir.

Yadro fizikasi keyingi yuz yil ichida yaratilib shiddat bilan rivojlangan fan bo'lib, uinsoniyat hayoti va turmushining qariyb barcha tarmoqlariga kirib borgan.

Yadro fizikasini o'qitishdan maqsad:

- talabaga atom yadrosini tuzilishi, o'lchamlari, yadroni tashkil qiluvchi zarralar xususiyatlari, kvant sonlari va ularning o'zaro ta'sirlashish kuchlarining tabiati, yadro reaksiyalari, yadro modellari, yadro energetikasi haqida yetarlicha tasavvur hosil qilishni ta'minlovchi bilim berish;
- talabaga yadro va elementar zarralarning o'zaro ta'sirlashuv jarayonida kechadigan hodisalarni o'rganishni eksperimental usullarini o'rgatish;
- talabaga mustaqil fikrlash saviyasini oshirish, yadro va elementar zarralar fizikasi bo'yicha amaliy mashg'ulotlarni yechishni o'rgatish;
- yadro energetikasi va uni olish texnikasi va texnologiyasi haqida tasavvur hosil qilish.

1.2. Fanning asosiy bo'limlari va ularda o'rganiladigan muammolar.

Yadro fizikasi fanini o'rganish natijasida bo'lajak mutaxassislar fundamental va amaliyot uchun muhim bo'lgan quyidagi bilimlarga ega bo'ladilar.

Atom yadrosi, yadro tuzilishi, o'lchamlari, umumiy tavsiflar, yadro kuchlari va ularning tabiati, bog'lanish energiyasi, yadroning energiya sathlari;

Yadroning radioaktiv aylanishlari, ketma-ket parchalanish, alfa, betta yemirilish va nurlanish;

Yadro modellari, yadro tomchi modeli, Fermi gaz bir zarrali qobiq modeli, kollektiv va umumlashgan modeli;

Elementar zarralar va ularning o'zaro ta'sirlashuv kuchlari, saqlanish qonunlari elementar zarralarning modellari, kvark tuzilishi va ularning zamonaviy nazariyalari.

1.3. Fanning boshqa fanlar va ishlab chiqarish bilan bog'liqligi.

Yadro fizikasi fanining nazariy asoslariga oliy matematika, mexanika, molekulyar fizika, elektromagnetizm, kvant mexanikasi, atom fizikasi, kvant xromodinamikasi kabi fanlar kiradi.

Yadro fizikasi fani o'z navbatida elementar zarralar fizikasi, yadro energetikasi, radioaktiv moddashunoslik, astrofizika va boshqa sohalarga xos fanlarni o'rganish uchun asos bo'lib, xizmat qiladi.

Fanning asosiy bo'limlari va rejasi.

Yadro va elementar zarralar fizikasi rivojlanishining asosiy boskichlari. Yadroning o'lchamlari, energiya, massa va boshqa kvant sonlari. YEchilgan va yechilmagan muammolar haqida qisqacha axborot.

Yadro protonlar va neytronlarning uzaro ta'sirlashuvchi sistemasi sifatida. Yadro zaryadi. Massa soni va yadro massasi. Izotonlar. Izotoplar. Izobarlar. Yadroning boglanish energiyasi. Yadroning boglanish energiyasi uchun yarim emperik formula. Magik sonlar. Stabil va radioaktiv yadrolar. Yadroning spini va magnit momenti. Yadro magnetoni. Yadrolarning statistik multipol momentlari. Yadroning elektr kvadrupol momenti. Yadroviy xolatlarining kvantomexanik tavsifi. Tulkin funktsiyasining juftligi. Pauli printsiipi.

Yadro kuchlarining spinli boglikligi. Aynan teng zarralar sochilishining uziga xos xususiyatlari. Yadro kuchlarining zaryadga boglik emasligi. Izotopik spin.

Umumlashgan Pauli printsipli. Yadro kuchlarining almashuv xarakteri. Yadro kuchlarining tuyinish xususiyati.

Markaziy yadro potentsiali. Yadrolar qobiqli tuzilishining fizik tasdig'i. Kuchli spin-orbital o'zaro ta'siri. Markaziy yadro potentsialida birzarrali holatlar. Qobiq modelida yadro holatlari spini va juftligining tushuntirilishi. Koldik uzaro ta'sir. Kupzarrali kobik modeli haqida tushuncha. Yadroning kollektiv xususiyati. Yadroning aylanma va tebranma holatlari. Deformatsiyalangan yadrolar. Deformatsiyalangan yadroda nuklonlar harakatining xolatlari. Birzarrali va kollektiv xarakatlar orasidagi bog'lanish.

Yadroviy nurlanish bilan moddaning uzaro ta'siri. Ionlashtirilgan va uygotilgan atomlarda energiyaning kamayishi. Vavilov-CHerenkov nurlanishi. Zaryadlangan zarralar utishi. Modda bilan neytronlarning uzaro ta'siri. Neytronlar sekinlashishi. Issik neytronlarining diffuziyasi. γ -nurlanishning moddadan utishi. γ -kvantlar uzaro ta'sir asosiy mexanizmlari effektiv kesimlarining energiya va modda xususiyatlariga bogliqligi.

Tabiiy va sun'iy radioaktivlik. Parchalanishning statistik tabiati. Radioaktiv parchalanish qonuni. α -parchalanish. α -zarrachalarning spektrlari. α -parchalanish davrining α -zarrachalarning energiyasiga bogliqligi. α -parchalanish nazariyasi elementlari. Tunnel effekti. Berilgan β -yemirilishga qarab yadroning o'lchamini aniklash. β -parchalanish. β -parchalanish turlari. Elektronlarning energetik spektrlari. Neytrino mavjudligini eksperimental isboti. β -parchalanish nazariyasining elementlari. Kuchsiz uzaro ta'sir haqida tushuncha. Taqiqlangan va taqiqlanmagan β -o'tishlar. β -parchalanishda juftlikni saklanmasligi. Neytrino massasi muammolari. Yadrolarning γ -nurlanish. Elektr va magnit o'tishlar. γ -o'tishlar uchun moment va juftlik buyicha tanlash koidalari. Har xil multipletlik uchun utish extimoliyatlari. Yadro izomeriyasi. Ichki konversiya. Messbauer effekti, uning fizika va texnikada kullanilishi.

Yadro reaksiyalarini o'rganishning eksperimental metodlari. Tezlashtirgichlar ishlashining fizik printsiplari. Yadro zarrachalar detektorlari. Reaksiyalar kesimi. Yadroviy reaksiyalar kanallari. Yadro reaksiyalarida saklanish konunlari. Tugri va kaytar reaksiyalari kesimlari urtasidagi bogliklik. Yadro reaksiyalarining mexanizmlari. Tarkibiy yadro modeli. To'gri yadro reaksiyalari.

Transuran elementlar. Atom yadrolarining bulinishi va sintezi. Bulinish haqida asosiy eksperimentalar ma'lumotlar. Bulinishning elementar nazariyasi. Bulinish parametri. Spontan bulinish. Neytronlar ta'sirida uran izotoplarining bulinishi. Zanjirli reaksiya. Kupayish koeffitsiyenti. Yadro reaktorlari. Yadro energetikasi. Yengil yadrolar sintezi. Yulduzlardagi yadro reaksiyalari. Boshkariladigan termoyadro sintezi mummolari.

O'zaro ta'sirlar klassifikatsiyasi. Elektromagnit uzaro ta'sir. Kvant elektrodinamikasi elementlari. Asosiy kvantoelektrodinamik protsesslar. Adronlar ishtirokidagi elektrodinamik protsesslar. Kuchli uzaro ta'sir va adronlar tuzilishi. Kvark va glyuonlar. Ularning asosiy xarakteristikalar. Kvark va glyuonlar yangi kvant xarakteristikasi-rang. Kuchsiz uzaro ta'sir.

Kosmik nurlar. Birlamchi kosmik nurlanish. Kosmik nurlanishning atmosfera orkali utishi. Kosmik nurlar variatsiyasi. YEr radiatsion chiziklari. Kosmik nurlar paydo bulishi xakida gipotezalar. Kosmik nurlanish zarralarining tezlanish mexanizmlari extimoliyati.

“Tasdiqlayman”
Kafedra mudiri dots.B.T.Qo’liyev
 _____ “__” _____ **20__ y**

YADRO FIZIKASI FANIDAN ISHCHI DASTUR BAJARILISHINING KALENDAR TEMATIK REJASI.

№	Ma’ruzalar mavzusi	Mash- g’ulot turi	ajratil gan vaqt	Talaba mustaqil ishi mavzusi va mazmuni	Hisobo t shakli	Bajarilish vaqti		O’qituv- chi imzosi
						soa t	Oy va kun	
	I modul							
1.	Yadro va elementar zarralar fizikasi rivojlanishining asosiy boskichlari. Yadroning o’lchamlari, energiya, massa va boshqa kvant sonlari. O’lchov birliklari.	Maruza	2	Yadro massasini o’lchash usullari.	Yozma hisobot	2		
2.	Gamma-nurlarining yutilish koeffitsiyentini eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlash	Laboratoriya	2					
3.	Yadroning tuzilishi	Amaliy	2					
4.	Gamma-nurlarining yutilish koeffitsiyentini eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlash	Laboratoriya	2	Yadro radiusini ol’chash usullari.	Yozma hisobot	2		
5.	Atom yadrolarining asosiy xususiyatlari. Yadroning massasi, radiusi.	Maruza	2	Yadro spini va magnit momenti.	Yozma hisobot	2		
6.	Gamma-nurlarining yutilish koeffitsiyentini eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlash	Laboratoriya	2					
7.	Radioaktiv parchalanish qonuni	Amaliy	2					
8.	Aktivlikni stsintillyatsion schyotchik yordamida aniqlash	Laboratoriya	2	Yadroviy kuchlar nazariyasi.	Yozma hisobot	2		
9.	Yadroning bog’lanish energiyasi.	Maruza	2					
10.	Aktivlikni stsintillyatsion schyotchik yordamida aniqlash	Laboratoriya	2	Radioaktivlikning meditsinada qo’llanilishi	Yozma hisobot	2		
11.		Amaliy	2					
12.	Aktivlikni stsintillyatsion schyotchik yordamida aniqlash	Laboratoriya	2					

13.	Yadro spini, kvadrupol momenti, juftligi, izotopik spini	Maruza	2	Buyuk birlashuv nazariyasi.	Referat tayyorlash	2		
14.	Stsintillyatsion γ -spektrometr	Laboratoriya	2					
15.	Deytron va uning asosiy xossalari	Amaliy	2					
16.	Stsintillyatsion γ -spektrometr	Laboratoriya	2	Radioaktivlikning xalq xo'jaligida qo'llanilishi	Yozma hisobot	2		
17.	Yadro kuchlari	Maruza	2					
18.	Uzoq yashovchi radioaktiv izotoplarining yarim yemirilish davrini aniqlash	Laboratoriya	2	Beta-parchalanish nazariyasi.	Yozma hisobot	2		
19.	Radioaktiv parchalanish qonuni	Amaliy	2					
20.	Uzoq yashovchi radioaktiv izotoplarining yarim yemirilish davrini aniqlash	Laboratoriya	2					
	II modul							
21.	Yadro modellari. Yadroning tomchi modeli	Maruza	2	CHerenkov nurlanishi.	Yozma hisobot	2		
22.	O'rtacha yashovchi radioaktiv izotoplarining yemirilish doimiysini aniqlash	Laboratoriya	2					
23.	Radioaktivlik qonunlari. α -, β -, γ -yemirilishlar	Amaliy	2					
24.	O'rtacha yashovchi radioaktiv izotoplarining yemirilish doimiysini aniqlash	Laboratoriya	2	Metastabil va izomer yadrolar	Yozma hisobot	2		
25.	Yadroning qobiq modeli	Maruza	2	Myossbauer effekti.	Yozma hisobot	2		
26.	Beta-radioaktiv manbaning aktivligini o'lchash	Laboratoriya	2					
27.	Yadro reaksiyalari kinematikasi, kesimini topish	Amaliy	2					
28.	Beta-radioaktiv manbaning aktivligini o'lchash	Laboratoriya	2					
29.	Yadroning umumlashgan modeli	Maruza	2	Gamma-nurlanishlarning modda orqali o'tishi.	Yozma hisobot	2		
30.	Beta-radioaktiv manbaning aktivligini o'lchash	Laboratoriya	2					

31.	Yadro reaksiyalari kinematikasi, kesimini topish	Amaliy	2					
32.	Beta-zarralarning energiyasini aniqlash	Laboratoriya	2	Nurlanishlarning biologik ta'siri va undan saqlanish.	Yozma hisobot	2		
	III modul							
33.	Radioaktivlik. Radioaktiv parchalanish qonuni.	Maruza	2	Fotoyadro va elektroyadro reaksiyalari.	Yozma hisobot	2		
34.	Beta-zarralarning energiyasini aniqlash	Laboratoriya	2					
35.	Elementar zarralarning umumiy xossalriga kvant sonlari	Amaliy	2					
36.	Stsintillyatsion spektrometr yordamida γ -nurlanish energiyasini aniqlash	Laboratoriya	2	Neytronlar ta'sirida kechadigan yadro reaksiyalari.	Yozma hisobot	2		
37.	α -parchalanish. α -zarrachalarning spektrlari.	Maruza	2	Yadro reaksiyalari effektiv kesimi.	Yozma hisobot	2		
38.	Stsintillyatsion spektrometr yordamida γ -nurlanish energiyasini aniqlash	Laboratoriya	2					
39.	Elementar zarralarning kvark tuzilishi	Amaliy	2					
40.	Stsintillyatsion spektrometr yordamida γ -nurlanish energiyasini aniqlash	Laboratoriya	2	Yadro reaktorlari	Yozma hisobot	2		
41.	β -parchalanish. Neytrino mavjudligi haqida.	Maruza	2	Atom elektr stantsiyalari ishlash printsiplari	Yozma hisobot	2		
42.	Dozimetriya asoslari	Laboratoriya	2					
43.	Dozimetriya asoslari	Laboratoriya	2					
44.	Yadrolarning γ -nurlanish. Yadro izomeriyasi. Ichki konversiya.	Maruza	2	Energiya olishning noan'anaviy usullari	Yozma hisobot	2		
45.	Impulsli analizator AI-256 ni ishlash printsiplari o'rganish.	Laboratoriya	2					
46.	Impulsli analizator AI-256 ni ishlash printsiplari o'rganish.	Laboratoriya	2					
	IV modul							
47.	Yadro reaksiyalari. Tezlashtirgichlar ishlashining fizik printsiplari.	Maruza	2	Yadroviy nurlanishlardan meditsinada foydalanish	Yozma hisobot	2		
48.	Geyger-Myuller sanagichini o'rganish.	Laboratoriya	2					
49.	Geyger-Myuller sanagichini o'rganish.	Laboratoriya	2	Elementar zarralar klassifikatsiyasi	Yozma hisobot	2		

50.	Yadro zarrachalar detektorlari.	Maruza	2	Elementar zarralar kvark tuzilishi	Yozma hisobot	2		
51.	Koinot nurlarining yumshoq va qattiq komponentalarini o'rganish	Laboratoriya	2					
52.	Koinot nurlarining yumshoq va qattiq komponentalarini o'rganish	Laboratoriya	2	Fermionlar va bozonlar	Yozma hisobot	2		
53.	Yadro reaksiyalarining mexanizmlari.	Maruza	2	Adronlar	Yozma hisobot	2		
54.	Yadroviy jarayonlarning statistik xarakterini o'rganish	Laboratoriya	2					
55.	Yadroviy jarayonlarning statistik xarakterini o'rganish	Laboratoriya	2	Fundamental o'zarota'sirlar.	Yozma hisobot	2		
56.	Yadro energetikasi.	Maruza	2	Nuklonlar tuzilishi	Yozma hisobot	2		
57.	Elementar zarralar fizikasi. Elementar zarralarning umumiy xossalari.	Maruza	2	Nuklon-nuklon o'zaro ta'sirlar. Deytron.	Yozma hisobot	2		
58.	O'zaro ta'sirlar klassifikatsiyasi	Maruza	2	Neytronlarning protonlardan sochilishi.	Yozma hisobot	2		
59.	Zarralar saqlanish qonunlari.	Maruza	2	Feynman diagrammalari	Yozma hisobot	2		
60.	Kosmik nurlar.	Maruza	2	Er sharining radiatsion mintaqalari	Yozma hisobot	2		
	Jami: 180 soat Maruza: 40 s Amaliy: 20 s Laboratoriya: 60 s Mustaqil ish: 60 s		120			60		

YADRO FIZIKASI FANIDAN REYTING ISHLANMASI

№	Nazorat turlari	soni	Ball	Jami ball
I	JB			
	1.1. Amaliy mashg'uloti	5	5(3+2*)	25
	1.2. Laboratoriya mashg'uloti	10	2	20
	1.3. Talabanning mustaqil ishi – yozma referat tayyorlagani uchun	1	5	5
II	OB			
	2.1. Yozma ish	1	17	35
	2.2. Test (30 ta savol)	1	18	
III	YaB			
	3.1. Yakuniy baholash	1	15	15
	3.1.1. Yozma ish (3 ta savol)		(5x3=15)	
	3.1.2. Test (30 ta savol)		(30x0,5=15)	
				100

ORALIQ NAZORAT SAVOLLARI

I oraliq nazorat savollari (og'zaki)

1. Yadro protonlar va neytronlarning uzaro ta'sirlashuvchi sistemasi sifatida. Yadro zaryadi.
2. Massa soni, yadro massasi va o'chov birliklari.
3. Izotonlar. Izotoplar. Izobarlar.
4. Stabil yadrolar xususiyatlari.
5. Yadroning boglanish energiyasi.
6. Yadroning boglanish energiyasi uchun yarim emperik formula.
7. Sehrli sonlar.
8. Stabil yadrolar radiusi.
9. Yadroning spini va magnit momenti.
10. Izotopik spin.
11. Yadroning elektr kvadrupol momenti.
12. To'liq funksiyasining juftligi.
13. Pauli printsipli.
14. O'zaro ta'sirlar.
15. Yadro kuchlari.
16. Yarim emirilish davri.
17. Yadro modellari.
18. Tomchi modeli.
19. Qobiq modeli.
20. Umumlashgan model.

II oraliq nazorat variantlari (yozma)

1-variant

1. Radioaktivlik hodisasi.
2. Gamma-nurlanish.
3. Yadro reaksiyalari. Tezlashtirgichlar.
4. Beta-parchalanish
5. Geyger-Nettol qonuni.

2-variant

1. Radioaktivlik parchalanish qonuni.
2. Al'fa-parchalanish.
3. Detektorlar.
4. Ichki konversiya.
5. Elektron qamrash.

3-variant

1. Yadro izomeriyasi.
2. Yarim emirilish davri va ularni o'lchash.
3. Beta-nurlar energiyasini o'lchash.
4. Yadroviy reaksiya mexanizmlari.
5. Gamma-nurlar energiyasini o'lchash.

III oraliq nazorat (test)

1.Yadro kandy zarralardan tashkil topgan?

- A) fakat protonlardan.
- B) proton va elektronlardan.
- C) neytron va elektronlardan.
- D) proton va neytronlardan.

Answer D

2.Rezerford formulasi ifodasi kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A) $U = -\frac{\alpha}{r} + \frac{M^2}{2mr^2}$

B) $\varphi = \int \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m[E - U(r)] - \frac{M}{r^2}}} + const$

C) $d\sigma = \left(\frac{\alpha}{2mv_\infty^2} \right)^2 \frac{2\pi \sin \chi d\chi}{\sin^4 \frac{\chi}{2}}$

D) $E = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 + \omega^2 x^2)$

3.Spin kvant soni kandy kiymatlar kabul kiladi?

- A) $\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$
- B) $\frac{1}{3}; -\frac{1}{3}$
- C) $\frac{1}{5}; -\frac{1}{5}$
- D) 1; -1

4.Transuran elementlar kaysi elementlar xisoblanadi?

- A) uran elementidan keyingi elementlar
- B) uran elementidan oldingi elementlar
- C) uran elementidan oldingi va keyingi elementlar
- D) barcha javoblar to'g'ri

5.Kislorod -17 izotopidagi protonlar va neytronlar soni kancha?

- A) protonlar soni 17, neytronlar soni 9 ta.
- B) protonlar soni 17, neytronlar soni 8 ta.
- S) protonlar soni 9, neytronlar soni 17 ta.
- D) protonlar soni 8, neytronlar soni 9 ta.

6.Alfa zarra xavoda xarakatlanganda energiya yukotishga sabab nima?

- A) Neytronlar yutilishi.
- B) Xavoning ionlanishi.

- S) beta-yemirilish
- D) gamma-yemirilish

7.1 eV necha Joule?

- A) $1,6 \cdot 10^{-19}$
- B) $4,8 \cdot 10^{-10}$
- C) $9,1 \cdot 10^{-31}$
- D) $5,5 \cdot 10^5$

8. Pozitron kachon aniqlangan?

- A) 1932 й.
- B) 1956 й.
- C) 1949 й.
- D) 1907 й.

9. Pozitronni kim kashf etgan?

- A) K. Anderson.
- B) P. Kyuri.
- C) Ya. Zeldovich.
- D) Yu. Xariton.

10. Elektronning kashfiyotchisi kim?

- A) J. Tomson
- B) E. Rezerford
- C) A. Eynshteyn
- D) P. Kyuri.

11. D. CHedvik kanday zarrani ixtiro qilgan?

- A) Neytron.
- B) Elektron.
- C) Proton.
- D) Neytrino.

12. Atom yadrosi proton va neytrondan (nuklonlardan) tuzilgan degan yangi nazariyani kimlar kiritishgan?

- A) D. Ivanenko va B. Geyzenberg
- B) Tomson.
- C) Eynshteyn.
- D) J. Kyuri.

13. Izotonlar ta'rifini kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) Tarkibidagi protonlar soni bir xil ammo neytronlar soni xar xil bulgan yadrolar.
- B) Tarkibida protonlar soni xar xil ammo neytronlar soni bir xil yadrolar
- C) Tarkibida protonlar va neytronlar soni xar xil ammo massa sonlari bir xil yadrolar

D)Tarkibidagi protonlar va neytronlar soni bir xil ammo yadrolarning atrofida elektronlar soni xar xil bulgan atomlar.

14.Izobarlar ta'rifi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) Tarkibidagi protonlar soni bir xil ammo neytronlar soni xar xil bulgan yadrolar.
- B)Tarkibida protonlar soni xar xil ammo neytronlar soni bir xil yadrolar
- C)Tarkibida protonlar va neytronlar soni xar xil ammo massa sonlari bir xil yadrolar
- D)Tarkibidagi protonlar va neytronlar soni bir xil ammo yadrolarning atrofida elektronlar soni xar xil bulgan atomlar.

15.Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi yoruglikning nimasini ortishi bilan chizikli ravishda ortib boradi?

- A)CHastotasining
- B)amplitudasining
- C)Tulkin uzunligining
- D)intensivligining ortishi bilan

16.Fotoeffektlarda kaysi energiya kanday energiyaga aylanadi?

- A) Yoruglik energiyasi elektr energiyasiga
- B) Elektr energiyasi yoruglik energiyasiga
- C) Issiklik energiyasi elektr energiyasiga
- D) Ximiyaviy energiya elektr energiyaga

17.Rezerford tajribasida zarrachalar nima bilan ta'sirlashuv natijasida sochiladilar?

- A) Elektronlar bilan
- B) Magnit maydon bilan
- C)Yadro bilan
- nishonning sirti bilan

18.Relyativistik erkin zarrachaning tula energiyasi va impulsi orasidagi boglanish qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) $E = - \frac{Z^2 e^4 m}{2 \eta^2 n^2}$
- B) $E = h \nu \left(n + \frac{1}{2} \right)$
- C) $E = \frac{\eta^2 \pi^2 n^2}{2 m a}$
- D) $E = \sqrt{c^2 p^2 + m^2 c^4}$

19.Foton impulsi kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) $p = \hbar \omega$

B) $p = \frac{h}{\lambda}$

C) $p_x = -i\hbar \frac{d}{dx}$

D) $p = -i\hbar \frac{d}{d\varphi}$

20. Tomchi modeli yadroning kaysi parametrlarini to'g'ri tushuntirib beradi?

- A) yadroning boglanish energiyasini, bulinishini, massasini, yadro kuchlarining tuyinish xususiyatini
- B) yadroning izotopik spinini, juftligini, yarim yemirilish davrini
- C) yadroning spinini, sexrli sonlarni
- D) yadroning boglanish energiyasini, bulinishini, spinini.

21. Yadroviy nurlanishlar kaysi nurlanishlardir?

- A) alfa-, betta- va gamma-nurlanishlar
- B) alfa-, elektron- va foton nurlanishlar
- C) betta- va gamma-nurlanishlar
- D) proton- va elektron-nurlanishlar

22. Radioaktivlik necha xil buladi?

- A) 2 xil
- B) 3 xil
- C) 4 xil
- D) 5 xil

23. Sexrli sonlar kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) 2, 8, 20, (28), 50, 82, (126)
- B) 2, 8, 20, (28), 50, 60, 82,
- C) 2, 4, 8, 20, (28), 50, 82, (126)
- D) 2, 8, 16, 20, (28), 50, 82, (126), 150

24. Betta-parchalanish necha xil buladi?

- A) 3 xil
- B) 4 xil
- C) 2 xil
- D) 5 xil

25. Betta-nurlar qanday zarralardir?

- A) tez elektronlar
- B) protonlar
- C) neytronlar
- D) nuklonlar

26. Nuklonlar qanday zarralar?

- A) protonlar va neytronlar
- B) protonlar va gamma
- C) neytronlar va elektronlar
- D) elektronlar va protonlar

27.Yadro kuchlari uzaro ta'sir radiusi qanday?

- A) 10^{-13} sm
- B) 10^{-23} sm
- C) 10^{-9} sm
- D) 10^{-10} sm

28.Alfa zarra kanday zarra?

- A) ikki marta ionlashgan geliy yadrosi
- B) bir marta ionlashgan geliy yadrosi
- C) uch marta ionlashgan geliy yadrosi
- D) turt marta ionlashgan geliy yadrosi

29.Yadrolar yarim yemrilish davriga ta'rif kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) yadro nurlayotgan zarralar sonining 2 marta kamayishi uchun ketgan vakt
- B) yadro nurlayotgan zarralar sonining kamayishi uchun ketgan vakt
- C) yadro nurlayotgan zarralar sonining uzgarishi tushuniladi
- D) yadro nurlayotgan zarralar sonining 4 marta kamayishi uchun ketgan vakt

30.Yadroviy nurlanish detektorlari nima?

- A) yadroviy nurlanish zarrachalarini kayd kiluvchi asbob
- B) yadroviy nurlanishlarni kayd kiluvchi asbob
- C) betta-nurlanishlarni kayd kiluvchi asbob
- D) barcha javoblar to'g'ri

31.Yadro qanday zarralardan tashkil topgan?

- A) protonlar va neytronlardan
- B) alfa- va betta zarralardan
- C) elektronlar va protonlardan
- D) barcha javoblar to'g'ri

32.Yadro radiusini aniqlash formulasi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) $R = r_0 \cdot A^{1/3}$
- B) $R = r_0 \cdot A^{1/2}$
- C) $R = r_0 \cdot A^{1/5}$
- D) $R = r_0 \cdot A^{1/4}$

33.Yadroning zichligi taxminan kanday buladi?

- A) 10^{38} nuklon/sm³
- B) 10^{39} nuklon/sm³
- C) 10^{38} nuklon/sm⁴
- D) 10^{38} nuklon/sm²

34. Nuklonlarning o'rtacha boglanish energiyasi qancha?

- A) 8 MeV
- B) 9 MeV
- C) 10 MeV
- D) 6 MeV

35. Alfa parchalanish sxemasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

- A) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4} X + {}_2^4 He$
- B) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1} X + {}_1^1 He$
- C) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-2} X + {}_2^2 He$
- D) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-4}^{A-4} X + {}_4^4 He$

36. Beta (+) parchalanish sxemasi kaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

- A) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^A X + {}_1^0 e$
- B) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1} X + {}_1^1 e$
- C) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-2} X + {}_2^2 e$
- D) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-4}^{A-4} X + {}_4^4 e$

37. Beta (-) parchalanish sxemasi qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

- A) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A X + \beta^-$
- B) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^A X + \beta^+$
- C) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-2} X + e$
- D) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-4}^{A-4} X + {}_4^4 e$

38. Elektron kamrash sxemasi kaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

- A) ${}_Z^A X + e \rightarrow {}_{Z-1}^A X$
- B) ${}_Z^A X + \beta^+ \rightarrow {}_{Z-1}^A X$
- C) ${}_Z^A X + e \rightarrow {}_{Z-2}^{A-2} X$
- D) ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-4}^{A-4} X + {}_4^4 e$

39. Izotopning radioaktiv parchalanish konuni kaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

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

B) $N = N_0 e^{-t}$

C) $N = N_0 e^{-\lambda}$

D) $N = N_0 e^{\lambda t}$

40.Neytronning yarim yemrilish davri qancha?

A) 11 min

B) 15 min

C) 1 soat

D) 1 sutka

41.Neytrino qanday zarra?

A) zaryad jixatdan neytral tinchlikdagi massasi taxminan 16 eV.

B) neytral, tinchlikdagi massasi taxminan 1 MeV.

C) neytral tinchlikdagi massasi taxminan nol.

D) neytral, tinchlikdagi massasi taxminan 100 eV.

42.Ichki konversiya koeffitsiyenti qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilagan?

A) $\alpha = \frac{N_e}{N_\gamma}$

B) $\alpha = \frac{N_\gamma}{N_e}$

C) $\alpha = \frac{N_e}{\gamma}$

D) $\alpha = \frac{e}{N_\gamma}$

43.Izotoplar ta'rifi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A) Tarkibidagi protonlar soni bir xil ammo neytronlar soni xar xil bulgan yadrolar.

B) Tarkibida protonlar soni xar xil ammo neytronlar soni bir xil yadrolar

C) Tarkibida protonlar va neytronlar soni xar xil ammo massa sonlari bir xil yadrolar

D) Tarkibidagi protonlar va neytronlar soni bir xil ammo yadrolarning atrofidagi elektronlar soni xar xil bulgan atomlar.

44.Yadroviy reaksiyalar boshlanishi quyidagi fizik kattaliklarning qaysi biriga bogliq?

A) Temperatura

B) Bosim

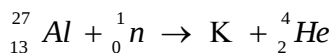
C) Busaga energiyasiga

D) Nishon yadro boglanish energiyasiga

45.Qanday hollarda termoyadroviy reaksiya boshlanadi?

- A)Reaksiyaga kirishuvchi yadrolarning energiyasi ularning kulon itarishini yenga oladigan bulsa
 B)Yadrolarning boglanish energiyasi juda katta bulsa
 C)Yadrolar uygongan xolda bulsalar
 D)Reaksiyaga kirishuvchi yadrolar atrofidagi elektronlar soni tulik bulib atom neytral bulsa

46.Quyidagi yadro reaksiyasida yetishmaydigan element yoki zarrani aniqlang?



- A) ${}_{13}^{29}\text{Al}$
 B) ${}_{11}^{24}\text{Na}$
 C) ${}_3^7\text{Li}$
 D) ${}_{15}^{30}\text{P}$

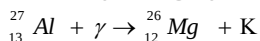
47.Rn-222 radioaktiv radonning 10^6 ta yadrosidan 2 sutka davomida $10^6 / \sqrt{e}$ tasi kolgan bulsa, uning yarim parchalanish davrini toping.

- A)1 сутка
 B)2 сутка
 C)3 сутка
 D)4 сутка

48.Kuyidagi yadroviy yemirilishlarni tugallang: ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + \text{K}$, ${}_{14}^{27}\text{Si} \rightarrow {}_{13}^{27}\text{Al} + \text{K}$

- A) ${}_{-1}^0\text{e}$ (elektron)
 B) ${}_1^1\text{H}$
 C) ${}_2^4\text{He}$
 D) ${}_1^0\text{e}$ (pozitron)

49.Kuyidagi yadro reaksiyasida yetishmaydigan zarrachani kuyib chiking.



- A) ${}_1^1\text{H}$
 B) ${}_0^1n$
 C) ${}_2^4\text{He}$
 D) ${}_1^0\text{e}$ (pozitron)

50.Quyosh xar minutda $6,5 \cdot 10^{21}$ kvt/soat ga teng energiya chikaradi. Kuyosh nurlanishi uzgarmas deb xisoblansa, Kuyosh massasi kancha vaktga ikki baravar kamayishini toping.

- A) $7 \cdot 10^{12}$ yilda
 B) $5 \cdot 10^{14}$ yilda
 C) $9 \cdot 15^{11}$ yilda
 D) $7 \cdot 13^{16}$ yilda

51.Relyativistik erkin zarrachaning tula energiyasi va impulsi orasidagi boglanish qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

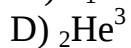
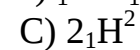
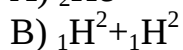
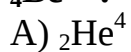
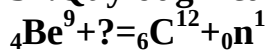
A) $E = - \frac{Z^2 e^4 m}{2 \eta^2 n^2}$

B) $E = h \nu \left(n + \frac{1}{2} \right)$

C) $E = \frac{\eta^2 \pi^2 n^2}{2 m a}$

D) $E = \sqrt{c^2 p^2 + m^2 c^4}$

52.Quyidagi reaksiyada yetishmaydigan element (zarracha)ni toping.



53.Birinchi bulib boshkariladigan zanjirli reaksiya natijasida uran yadrosining bulinishini kim aniklagan?

A)E.Fermi.

B)K.Anderson.

C)P.Kyuri.

D)J.Kyuri.

YAKUNIY NAZORAT VARIANTLARI

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №1

1. Yadro va elementar zarralar fizikasi rivojlanish tarixi.
2. Alfa-parchalanish.
3. Kvarklar va glyuonlar.
4. Yadro reaktorlari.
5. Yadro moddasining zichligini toping.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №2

1. Yadro kuchlari.
2. Adronlar. Kuchli o'zaro ta'sir.
3. Yengil yadrolar sintezi.
4. Zanjir reaksiyasi.
5. $^{11}_5B$ bor yadrosining bog'lanish energiyasini hisoblang. Bor-11 ning massasi 11.0093 m.a.b. ga teng. ($m_p=1.00728$ m.a.b., $m_n=1.00866$ m.a.b.)

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №3

1. Yadro reaksiyalari.
2. Yadroning boglanish energiyasi uchun yarim empirik formula. Sehrli sonlar.
3. Yadroning tomchi modeli.
4. Yadrolarning bolinishi.
5. $^{238}_{92}U$ uran yadrosining radiusi vodorod atomi yadrosining radiusidan necha marta uzun?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»
fizika-matematika fakulteti dekani
_____prof.B.Xayriddinov
Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №4

1. Radioaktivlik.
2. Kvarklar va glyuonlar.
3. Termoyadro reaksiyalari.
4. Kosmik nurlar manbalari
5. 3_1H va 3_2He yadrolarining boglanish energiyasini hisoblang. Vodorod-3 ning massasi 3.01605 m.a.b. ga, geliy-3 ning massasi 3.01603 m.a.b. ga teng. ($m_p=1.00728$ m.a.b., $m_n=1.00866$ m.a.b.)

Kafedra mudiri: dots.B.Qo'yliyev
Tuzuvchi o'qituvchi f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»
fizika-matematika fakulteti dekani
_____prof.B.Xayriddinov
Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №5

1. Alfa-parchalanish.
2. Radioaktiv parchalanish šonuni.
3. Yarim yemirilish davri.
4. Radioaktiv parchalanish qonuni.
5. ${}^{235}_{92}U$ va ${}^{238}_{92}U$ yadrolarining bo'lanish energiyasini hisoblang. Uran-235 ning massasi 235.0493 m.a.b. ga, uran-238 ning massasi 238.05353 m.a.b. teng. ($m_p=1.00728$ m.a.b., $m_n=1.00866$ m.a.b.)

Kafedra mudiri: dots.B.Qo'yliyev
Tuzuvchi o'qituvchi f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»
fizika-matematika fakulteti dekani
_____prof.B.Xayriddinov
Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №6

1. Yadroviy nurlanishlarning modda bilan uzaro ta'siri.
2. Tezlatgichlar.
3. Izotopik spin.
4. Neytrino massasi muammolari.
5. Quyoshning radiusi 6,95 Mm, o'rtacha zichligi esa 1410 kg/m³. Quyosh shunday massa bilan yadro moddasi zichligiga teng zichlikka ega bo'lganda uning radiusi šanday bo'lar edi?

Kafedra mudiri: dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №7

1. Elementar zarralarning umumiy xossalari.
2. Beta zarralarining energetik spektrlari.
3. Kosmik nurlar.
4. Ichki konversiya hodisasi.
5. Namuna (preparatda) yarim parchalanish davri T bo'lgan 1000 ta radioaktiv atom bor. T/2 vaqtdan keyin qancha atom qoladi.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №8

1. Atom yadrolarining modellari.
2. Radioaktiv parchalanish konuni.
3. Elementar zarralar klassifikatsiyasi.
4. Detektorlar.
5. ${}^9_4\text{Be}$ berilliy yadrosining boglanish energiyasini hisoblang. Berilliy-9 ning massasi 9.01218 m.a.b. ga teng. ($m_p=1.00728$ m.a.b., $m_n=1.00866$ m.a.b.)

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №9

1. Yadro izomeriyasi.
2. Yadro reaktorlari.
3. Yadro xarakteristiklari.
4. Tezlashtirgichlar ishlashining fizik printsiplari.
5. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ radioaktiv radon namunasida (preparatida) yarim parchalanish davri 3,825 sutka bulgan 1010 ta radioaktiv atom bor. Bir sutka mobaynida shancha atom parchalanadi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'liyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №10

1. Yadro energetikasi.
2. Kosmik nurlanishning atmosfera orqali o'tishi.
3. Gamma-nurlanish.
4. Beta-spektrlar.
5. $^{226}_{88}\text{Ra}$ radiy uchun yarim parchalanish davrini aniklang. 3100 yil ichida boshlang'ich paytdagi atomlarning qancha qismi parchalanadi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'liyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №11

1. Qobiq modeli.
2. Beta-parchalanish turlari.
3. Multipollik. Tanlash šoidalari.
4. Yadroviy reaksiya modellari.
5. Agar radioaktiv parchalanish mahsulotlari to'xtovsiz olib ketib turilsa, qancha vaqt ichida $^{210}_{84}\text{Po}$ poloniy preparatidagi atomlarning 75,0% i yemirilib bo'ladi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'liyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №12

1. Yadro fizikasining rivojlanish boskichlari.
2. Atom yadrolarining bulinishi va sintezi. Spontan bo'linish.
3. Ichki konversiya elektronlari.
4. Monopol o'tishlar.
5. ^9_4Be berilliy yadrosining boglanish energiyasini xisoblang. Berilliy-9 ning massasi 9.01218 m.a.b. ga teng. ($m_p=1.00728$ m.a.b., $m_n=1.00866$ m.a.b.)

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №13

1. Yadro kuchlari xususiyatlari.
2. Yadroning modeli.
3. Radioaktivlik.
4. Yarim yemirilish davrini aniqlash usullari
5. Agar $^{210}_{84}\text{Po}$ poloniyning boshlangich paytdagi massasi 0,2 g bo'lsa uning 2 mg massasi qancha vaqt ichida parchalanib bo'ladi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №14

1. Elementar zarralar klassifikatsiyasi.
2. Stabil va radioaktiv yadrolar.
3. Veytsezekker formulasi.
4. Radioaktivlik parchalanish shonuni
5. Agar massasi 1,0 g bulgan $^{210}_{83}\text{Bi}$ vismut 1 s da 4,58 (10^{15} ta α -zarracha chiqarib turishi ma'lum bo'lsa, vismutning yarim parchalanish davrini toping.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №15

1. Yadroning qobiq modeli.
2. Yadro reaksiyalari.
3. Beta-stabil yadrolar xususiyatlari.

4. Elementar zarralar klassifikatsiyasi.
5. Massasi 1 g bo'lgan $^{232}_{90}\text{Th}$ toriy 1 s ichida qancha α -zarracha chiqaradi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №16

1. Yadro reaksiyalarning mexanizmlari.
2. Tunnel effekti.
3. Yadroning juftligi.
4. Yadro reaksiyalarda saqlanish qonunlari.
5. Impulslari 1,0 GeV/s va 10 GeV/s (s-yorug'lik tezligi) bo'lgan protonlarning kinetik energiyalarini toping

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №17

1. Transuran elementlar.
2. Yadroning umunlashgan modeli.
3. Yadroviy reaksiyalar.
4. Radioaktiv oilalar.
5. 1,0 kg massali. $^{238}_{92}\text{U}$ uran bo'lagida 1 s ichida qancha yadro parchalanadi? Bu uranning aktivligi qanday?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №18

1. Beta-parchalanish. Kuchsiz o'zaro ta'sir.
2. Gamma-nurlanish.
3. Tezlashtirgichlar ishlashining fizik prinsiplari.
4. Izomer yadrolar.

5. ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ({}^{13}_6\text{C}) \rightarrow 3 {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Yadro reaksiyasida yutiladigan energiyani toping.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №19

1. Yadro zarrachalar detektorlari.
2. Kvarklar va glyuonlar.
3. Proton zarrasining parametrlari.
4. Izotopik spin.
5. ${}^9_4\text{Be}$ berilliy yadrosi deytronni yutib, ${}^{10}_5\text{B}$ bor yadrosiga aylandi. Reaksiya tenglamasini yozib va ajralib chikkan energiyani toping.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №20

1. Yadroning spini va magnit momenti.
2. Kosmik nurlar manbalari.
3. Neytrino zarrasining xususiyatlari.
4. Yadro reaksiyalarda saqlanish qonunlari.
5. μ^- -myuon tinch turgan elektron bilan ruparama-rupara elastik tuknashdi. Agar tuknashishgacha μ^- -myuonning kinetik energiyasi $Y_{ek}=100\text{ MeV}$ bulsa, tepkili elektronning kinetik energiyasini toping.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'lyiyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №21

1. Alfa-parchalanish.
2. Atom yadrosining asosiy xarakteristikalar.

3. Sekrli sonlar. Stabil yadrolar xususiyatlari.
4. Fotoyadroviy reaksiyalar.
5. $^{10}_5B$ bor atomi yadrolarini 2_1H ogir vodorod yadrolari bilan bombardimon qilinganda $^{10}_5B + ^2_1H \rightarrow (^{12}_6C) \rightarrow 3^4_2He$ yadro reaksiyasi sodir bo'ladi. Mazkur aylanishda ajralib chiqadigan energiyani aniqlang.

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №22

1. Kosmik nurlari.
2. Izotonlar. Izotoplar. Izobarlar.
3. Beta-parchalanish.
4. Bevosita yuz beradigan yadroviy reaksiyalar.
5. $^{235}_{92}U$ va $^{238}_{92}U$ yadrolarining boglanish energiyasini xisoblang. Uran-235 ning massasi 235.0493 m.a.b. ga, uran-238 ning massasi 238.05353 m.a.b. teng. (mp=1.00728 m.a.b., mn=1.00866 m.a.b.)

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №23

1. Gamma-nurlanish.
2. Yadro massasi. Yadro massasini o'lchash usullari
3. Yadroning tomchi modeli.
4. Gamma-otishda tanlash shoidasi
5. $^{11}_5B$ bor yadrosining boglanish energiyasini hisoblang. Bor-11 ning massasi 11.0093 m.a.b. ga teng. (mp=1.00728 m.a.b., mn=1.00866 m.a.b.)

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti
Variant №24

1. Alfa-yemirilish.
2. Yadro radiusini o'lchash usullari.
3. Yadroning dipol va kvadrupol momenti
4. Juftlik
5. $^{226}_{88}\text{Ra}$ radiy uchun yarim parchalanish davrini aniqlang. 3100 yil ichida boshlang'ich paytdagi atomlarning qancha qismi parchalanadi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

«Tasdiqlayman»

fizika-matematika fakulteti dekani

_____prof.B.Xayriddinov

Fizika yo'nalishi 3 kurs talabalari uchun yadro fizikasi fanidan yakuniy nazorat varianti

Variant №25

6. Geyger-Nettol qonuni.
7. Yadro kuchlari tabiati.
8. Monopol o'tishlar.
9. Juftlik
10. $^{226}_{88}\text{Ra}$ radiy uchun yarim parchalanish davrini aniqlang. 3100 yil ichida boshlang'ich paytdagi atomlarning qancha qismi parchalanadi?

Kafedra mudiri:

dots.B.Qo'yliyev

Tuzuvchi o'qituvchi

f.-m.f.n.M.B.Yuldashev

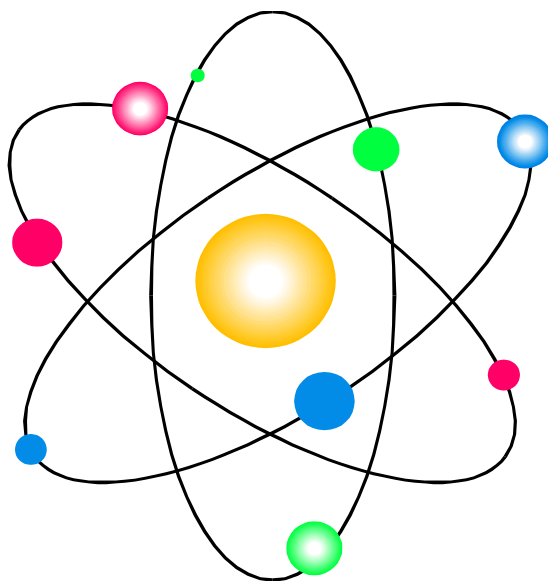
MA'RUZA MATNI

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI**

QARSHI DAVLAT UNIVERSITETI

YADRO VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI

(ma'ruzalar matni)



Tuzuvchi:

dots.M.Yuldashev

Taqrizchi:

M.Qorjovov

Qarshi 2009 yil

I – MA'RUZA

Yadro va elementar zarralar fizikasining asosiy rivojlanish bosqichlari.
Mikrodunyo hodisalari ko'lam.

REJA:

1. Radioaktivlikning ochilishi. Yadro fizikasining yaratilish asosi.
2. Yadro xususiyatlarini tushuntirish uchun kashf etilgan yadro modellarining yutuq va kamchiliklari.
3. Yadro ichki xususiyatlari, o'lchami, yadro kuchlari.
4. Yadro va elementar zarralar xususiyatlarini o'rganish bosqichlari.
5. Yadro ichki energiyasidan foydalanish muammolari.

Tayanch suzlar: Radioaktivlik, alfa, beta, gamma, proton, neytron, mezon, postulat, yadro reaksiyalari, yadro modellari, elementar zarralar.

Radioaktivlikning ochilishi. Yadro fizikasining yaratilish asosi.

Yadro fizikasi - atom yadrosining tuzilishi, xususiyatlari va yadro ichida yuz beradigan jarayonlarni o'rganuvchi fandir.

XIX asr oxirlariga qadar atom tuzilishi haqida hech narsa ma'lum emas edi.

1896 yil **A.Bekkerel** (1852-1908) radioaktivlikni kashf etdi. Radioaktiv nurlanishlarning fotoplastinkaga ta'sir etishligini va ionlash xususiyatlarini aniqladi. Ikki yildan so'ng **Pyer Kyuri** (1859-1906) va Mariya Sklodovskaya Kyuri (1867-1934) uran tuzlarining ham radioaktivlik xususiyatiga ega ekanligini aniqlashdilar. Radioaktivlik vaqtida uch xil (α , β , γ) nurlanish vujudga kelib, nurlanish intensivligi tashqi ta'sirlarga (temperatura, elektromagnit maydon ta'siri, deformatsiya) bog'liq emas ekanligi aniqlandi.

1900 yili **Kyuri, E.Rezerford, F.Sodd**lar radioaktiv namunalardan chiquvchi α -ikki marta ionlashgan geliy atomi, β -tez elektron, γ -esa qisqa elektromagnit to'lqin ekanligini aniqladilar. Shuning uchun, radioaktivlikni atom, molekulalarda bo'ladigan jarayonlar deb tushuntirib bo'lmaydi, balki yangi bir soha - yadroda deiyishlikni taqoza etadi.

J.J.Tomson 29 aprel 1897 yilda elektronni kashf etdi. 1904 yili esa o'zining atom modelini tavsiya etdi, bunga ko'ra atom razmeri **$R=10^{-8}$ sm** bo'lgan musbat va manfiy zaryadlarga aralash neytral shar deb, atom nurlanishini kvazielastik kuchlarga ko'ra tebranishi tufayli deb qaradi. Atomdagi musbat va manfiy zaryadlarning taksimlanishi xarakterini o'rganish maqsadida E.Rezerford va uning xodimlari α -zarrachalarning moddalarda sochilishini o'rganishdilar. Tajriba natijasida α -zarralar o'zlarining dastlabki yo'nalishini turli burchak ostida o'zgartirgan. Ba'zilar juda katta (deyarli 180^0 gacha) burchakka sochilgan. Olingan natijalarga asoslanib Rezerford atom ichida juda kichik hajmga to'plangan va katta massaga tegishli kuchli musbat elektr maydon (**yadro**) mavjud bo'lgandagina α -zarralar shunday katta

burchakka sochilishi mumkin, degan xulosaga keladi va 1911 yili o'zining planetar modelini yaratdi. Bu modelga ko'ra elektronlar yadro atrofida joylashadi. Elektronlar soni esa shundayki, ularning yigindi manfiy zaryadi yadroning musbat zaryadini neytrallab turadi. Atomning bunday yadroviy modeliga ko'ra uning deyarli butun massasi kattaligi taxminan 10^{-13} sm ga teng bo'lgan atomning markazi yadrosida to'plangan.

Rezerford α -zarralar sochilishini atom markaziy yadro zaryadi Ze ni α -zarraning zaryadi $Z_{\alpha}e$ ni nuqtaviy deb, ular orasidagi o'zaro ta'sirlashuvni Kulon qonuni

$$F = \frac{Z_{\alpha} e Z e}{r^2}$$

ga bo'ysunadi deb hisobladi, bunda r -zaryadlar orasidagi masofa. Energiya va harakat miqdori momentining saqlanish qonuniga ko'ra sochilish uchun quyidagi formulani yaratdi

$$dN(\theta) = n_0 \frac{N_0 d}{16 r^2} \left(\frac{2 Z e^2}{\frac{1}{2} m_{\alpha} v_{\alpha}^2} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)} \quad (1)$$

Bu yerda: dN -sochilish nuqtasidan r -masofada $d\Omega$ -jismoniy burchakka to'g'ri kelgan va θ burchak ostida sochilgan α -zarralar soni; θ - α -zarraning sochilishdan oldingi va keyingi yo'nalishi o'rtasidagi burchak; N_0 -sochuvchi yaproqchaga tushayotgan dastadagi α -zarralar soni; d -sochuvchi yaproqcha qalinligi; n_0 -sochuvchi moddaning 1 sm^3 dagi yadrolar soni; m_{α} , v_{α} -mos ravishda zarraning massasi va boshlang'ich tezligi.

(1) formulada

$$\frac{dN}{d\Omega} \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right) = \text{const} \quad (2)$$

Tajribalar (2) formulaning to'g'ri ekanligini tasdiqladi, ya'ni α -zarralar moddadan o'tayotganda og'ir zaryadli zarralardan kulon kuchi ta'sirida sochilishligini, hamda α -zarralar bilan sochuvchi yadro orasidagi masofa 10^{-13} sm bo'lganga qadar to'g'ri ekanligini tasdiqlaydi.

Rezerford taklif etgan atomning planetar modeli atomning barqarorligini, spektrning diskretligini tushuntira olmaydi. Chunki atom qobigida elektron yadro atrofida aylanib turar ekan zaryadli zarra elektrodinamika qonunlariga ko'ra o'z energiyalarini nurlab borishligi lozim va nihoyat elektron yadroga kelib tushishligi kerak.

Bu qarama-qarshilikni 1913 yili daniyalik olim N.Bor o'z postulatlari bilan bartaraf etdi. N.Bor postulatalariga ko'ra atomda elektronlar aniq barqaror orbitalarda (K, L, M,...) harakatlanadilar. Har bir orbita bir-birlaridan muayyan masofada joylashgan aniq energiyaga egadirlar bunda energiya yutmaydi yoki chiqarmaydilar. Energiya yutish va chiqarish faqatgina elektronning bir orbitadan ikkinchisiga o'tishida ro'y beradi.

N.Bor o'z postulatlarini bilan atom yadrosidagi jarayonlarni klassik tasavvurlashdan kvant tasavvurlashga asos soldi.

Shunday qilib, klassik fizika qonunlaridan kvant fizikasiga o'tish davri boshlandi.

1926 yili Geyzenberg, Shredingerlar mikrodunyo jarayonlarini kvant mexanikasi qonunlariga ko'ra tushuntira boshladilar. Kvant mexanikasiga ko'ra zarralar harakatini o'rganishda ularning harakat trayektoriyasini, bir vaqtda turgan joyi va tezliklarini aniq bilish mumkin emas.

Geyzenberg noaniqlik prinsipini, Shredinger kvant fizikasiga ko'ra to'lqin funksiyalarini ishlab chiqdi. 1919 yil Aston mass-spektrograf yaratdi va atomning massalarini aniq o'lchash imkoniyatini berdi. Element massalari har xil bo'lgan izotoplar aniqlandi. Rezerford birinchi marotaba alfa-zarralar bilan azot $^{14}_7\text{N}$

yadrosini bombardimon qilib, $^4_2\alpha + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$ yadro reaksiyasini amalga oshirdi. Bu hodisa insoniyatning tabiat kuchlari ustidan erishilgan dastlabki g'alabasi edi.

Reaksiyada vujudga kelgan vodorod atomining yadrosi barcha yadrolar tarkibiga kiruvchi elementar zarra ekanligi aniqlandi va proton (p) deb nom berildi. Proton birinchi degan (yadro tarkibiga kiruvchi birinchi zarra) ma'nosini anglatadi. Proton massasi $m_p=1836,1m_e$, zaryadi $q_p=1,6\cdot 10^{-19}$ Kl elektron zaryadiga teng, ishorasi qarama-qarshi.

Proton kashf etilgandan so'ng yadroning proton-elektron modeli yaratildi, lekin bu model yadro momentlarini tushuntiraolmadi.

Yadro ichki sirlarini o'rganish uchun yuqori energiyali tezlatkichlar ko'rila boshlandi. Shu maqsadda elektrostatik generator Van-de-Graf: E.Lourens tomonidan siklotron yaratildi.

1932 yili D.Chedvik (1891-1974) zaryadsiz massasi proton massasiga yaqin $m_n=1838,6 m_e$ neytral zarra neytronni kashf etdi.

Neytron kashf etilgach, D.D.Ivanenko, Geyzenberglar atom yadrosining proton-neytron modelini tavsiya etishdilar. Bu modelga ko'ra atom yadrolari proton va neytronlardan tashkil topgan deb qaraladi. Hozirgi kungacha ham shunday tasavvur saqlanib kelmokda.

D.Kokroft, E.Uoltonlar sun'iy tezlashtirilgan protonlar bilan birinchi yadro reaksiyasini amalga oshirdi. K.Anderson kosmik nurlar tarkibida pozitron (e^+) ni kashf etdi.

Kosmik nurlar va yadro nurlanishlarni o'rganish uchun Vilson kamerasi va fotoemulsiya usullari yaratildi.

Yadro tarkibini o'rganish bilan bir vaqtda yadro kuchlar xususiyatlari aniqlashga jiddiy e'tibor qaratildi. I.E.Tamm 1895-1971, D.D.Ivanenko va 1907-1981, keyinchalik 1935 yillarda yapon olimlaridan X.Yukavalar yadro kuchlar oraliq π -mezon zarralar yordamida amalga oshadi deb qarab o'zlarining mezon nazariyasini ishlab chiqishdilar.

1934 yili I.Kyuri va P.Jolio-Kyurilar su' niy radioaktivlik hodisasini, E.Fermi β -yemirilish nazariyasini yaratdi.

1937 yil K.Anderson, S.Nedermeyerlar kosmik nurlar tarkibida μ -mezon zarralarni ochdi. Bu vaqtga kelib ko'plab elementar zarralar va bu zarralarning bir-birlariga o'tishliklari o'rganila boshlandi.

1939-1945 yillar og'ir yadrolarning neytronlar ta'sirida bo'linishini bu bilan katta energiya ajralishini, ya'ni yadro zanjir reaksiyalari amalga oshirildi.

Yadro bo'linish nazariyasini 1939 yil Y.I.Frenkel, N.Bor va J.Uylerlar tomchi modeliga asosan ishlab chiqishdi. E.Fermi boshchiligidagi AQShda 2 dekabr 1942 yil atom reaktori ishga tushdi.

1944-1945 yillarda V.I.Veksler, E.Mak-Millan zaryadli zarra tezlatgichlariga avtofazirovka prinsipini ishlab chiqdilar bu esa o'z navbatida tezlatgichlar energiyasini bir necha tartib oshirish imkoniyatini berdi.

1946 yildan boshlab ko'plab (betatron, sinxrotron, sinxrofazotron, chiziqli rezonans) tezlatgichlar qurila boshlandi.

Tezlatgichlar yaratilishi ko'plab elementar zarralar (mezonlar, adronlar, giperonlar, rezonans zarralari) ochilishiga va ularning xususiyatlarini o'rganish, bundan tashqari, turli yadro reaksiyalarini o'tkazish imkoniyatini berishdi.

Bu davrga kelib ko'plab yadro modellari yaratildi.

1954 yil 27 iyunida sobiq SSSRda birinchi atom elektrostansiyasi (AES) ishga tushirildi. Bu bilan yadro energiyasidan tinchlik maqsadida foydalanish davrini boshlab berdi, hozirgi vaqtda yuzlab AES lar ishlab turibdi.

Yadro ichki energiyalardan foydalanishning yana bir turi yengil yadrolar qo'shilishi (sintez) reaksiyalari, ya'ni termoyadro reaksiyasi hisoblanadi. Hozirgi vaqtda termoyadro reaksiyasini boshqarish eng aktual muammo, bu muammo hal etilsa, insoniyatning energiyaga bo'lgan ehtiyoji to'la qondirilgan bo'lur edi.

Yadro fizikasi tez rivojlanib borayotgan sohadir. Ayniqsa keyingi yillarda texnika taraqqiyoti ko'p yo'nalishlar bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borish bu bilan barcha soha yadrolari kvant xususiyatlarini aniqlash imkoniyatini beradi.

Hozirgi vaqtda yadro fizikasi fani oldida: yadro kuchlar tabiatini, elementar zarralar xususiyatlarini hamda termoyadro reaksiyasini boshqarish kabi eng muhim muammolar turibdi.

Bu xil muammolarni hal etishda, yagona nazariyani yaratishga asosiy qiyinchilik shundan iboratki, yadrodagi nuklonlar orasidagi o'zaro ta'sirlashuv kuchlari tabiatini tuliq bilmaymiz (yadro kuchlari tabiatda eng katta kuch, bu kuchdan katta kuchga ega emasmiz, qisqa masofada $R=10^{-13}$ sm, ta'sirlashuv vaqti $t=10^{-23}$ s bo'lganligi uchun). Ikkinchi tomondan nuklonlar orasidagi ta'sirlashuvni bilganimizda ham ta'sirlashuv qiymatini hisoblash uchun matematik hisoblash imkoniyatiga ega emasmiz, chunki yadro ko'p nuklonli sistema. **Hozirgi zamon EHM ham hisoblash uchun ojizlik qiladi.**

Shuning uchun hozirgi yaratilayotgan nazariyalar tajriba natijalarini umumiyashtirishga asoslangan fenomenologik xususiyatga egadir.

Yadro fizikasi fani hozirgi zamon tezlatkichlari, qayd qiluvchi detektorlar, kameralar, EHMLar, elektron avtomatik qurilmalar yordamida rivojlanib bormoqda.

Yadro fizikasi taraqqiyoti energetika, geologiya, tibbiyot, avtomatika, ekologiya kabi ko'plab sohalarda keng ko'llanilmoqda.

SAVOLLAR:

1. Radioaktivlik nima? Qachon va kim tomonidan kashf etilgan?
2. α -, β - va γ - nurlanishlar va ularning xususiyatlari.

3. Radioaktivlik jarayonini atom, molekula yoki kristallarda bo'ldi deb tushuntirish mumkinmi?
4. Tomson modeli va kamchiligi?
5. Rezerfordning planetar modeli va kamchiligi?
6. N.Bor postulatlarini va muhimligi?
7. Yadroning proton-elektron ($p\bar{e}$) modeli va bu modelning yaroqsizligi?
8. Yadroning proton-neytron modeli nima? Bu modelning yaroqlilik sababi.
9. Yadro o'lchami, zaryadi, yadro vaqti?
10. Yadro kuchlari nazariyasi qachon va kimlar tomonidan yaratilgan.
11. Yagona yadro nazariyasini yaratishdagi qiyinchiliklar.

ADABIYOTLAR:

1. T.M.Muminov, A.Xoliqulov, Sh.Xushmurodov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.2009 y.
2. R.B.Bekjonov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.1995. 1-bob, 6-12 betlar.
3. K.T.Teshaboyev. Yadro va elementar zarralar fizikasi. T.1992. 5-12 betlar.
4. K.N.Muxin. Eksperimentalnaya yadernaya fizika. T.1, M.1974. 11-21 st.
5. Y.M.Shirokov. N.P.Yudin. Yadernaya fizika. M.1980. 7-29 st.
6. D.S.Sivuxin. Obshiy kurs fiziki. ch.2. M.1989. 7-17 st.

II-MA'RUZA

Yadroning proton va neytronlar tarkibi. Atom yadrosining asosiy xususiyatlari: massa soni, zaryadi, massasi, o'lchami va zichligi. Bog'lanish energiyasi va bog'lanish energiyasi uchun Veytzeckerning yarimempirik formulasi.

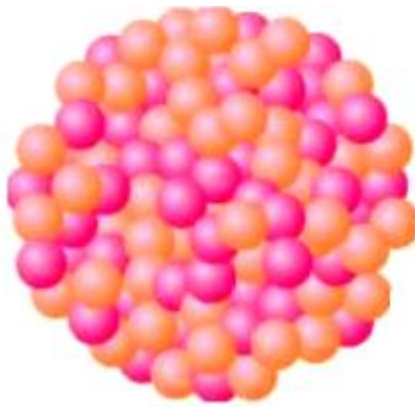
REJA:

1. Yadroni tashkil etuvchi proton va neytronlar xususiyatlarini tushuntirish.
2. Atom yadrosining asosiy xususiyatlarini va yadroni xarakterlovchi kvant sonlarni tushuntirish.
3. Yadro massa soni, massasi o'lchov birliklari va aniqlash usullarini tushuntirish.
4. Yadro zaryadi, radiusini (o'lchami) aniqlash usullarini tushuntirish.
5. Bog'lanish energiyasi. Bog'lanish energiyasini hisoblash uchun Veytzecker formulasini keltirib chiqarish, hamda qo'llanilishini ko'rsatish.

Tayanch so'zlar:

Massa soni, massasi, massa atom birligi, zaryadi, o'lchami, fermi, asosiy holat, o'yg'ongan holat, izotop, izobar, ko'zguli yadrolar, bog'lanish energiyasi, defekt massa, zichlanish koeffitsiyenti, solishtirma bog'lanish energiyasi, to'yinish, qisqa masofada ta'sirlashuv, yadro magnetoni.

Atom yadrosi ikki xil elementar zarralar - **proton va neytron**lardan iboratdir (1-rasm).



1-rasm

Proton massasi (m_p) taxminan neytron massasi (m_n) ga teng, elektron massasi (m_e) dan ~2000 marta katta:

$$m_p = 1836,15 m_e = 1,67265 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

$$m_n = 1838,68 m_e = 1,67495 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

Proton musbat zaryadli, zaryad miqdori elektron zaryadiga teng, ammo ishorasi qarama-qarshi.

Neytron zaryadsiz neytral zarra.

Proton va neytronlar xususiy momentga - **spinga** ega $S=1/2$. Fermi-Dirak statistikasi bo'ysunuvchi fermionlardir.

Atom fizikasidan ma'lumki zaryadli, massali elektron mexanik momentga ega bo'lish bilan bir vaqtda **magnit moment**ga ham ega bo'lish kerak.

$$\mu_B = \frac{eh}{2m_e c} = 9,27 \cdot 10^{-21} \text{ erg / gs (Bor magnetoni)}$$

Protonning ham spini elektron zaryadi va spiniga teng, massasi esa katta bo'lgani uchun magnit momenti

$$\mu_p = \frac{eh}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ erg / gs}$$

(yadro magnetoni) ga teng bo'lishi kerak edi.

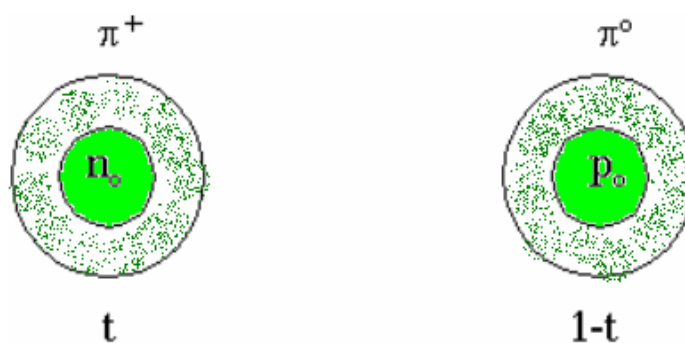
$$\mu_B = 1836,1 \mu_{yam}$$

Lekin proton magnit momenti kutilgan qiymatdan ($1\mu_{yam}$) dan katta $2,79\mu_{yam}$ ekanligini ko'rsatadi.

Neytron ham neytral zarra bo'lishiga qaramasdan magnit momentga ega ekan. Neytron magnit momenti $\mu_n = -1,91\mu_{yam}$. Magnit momentning ishorasi manfiyligi spin yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda ekanligini bildiradi.

Proton va neytronlarning magnit momentlarining boshqacha bo'lishligi bu zarralarning murakkab tuzilishga ega ekanligini ko'rsatadi.

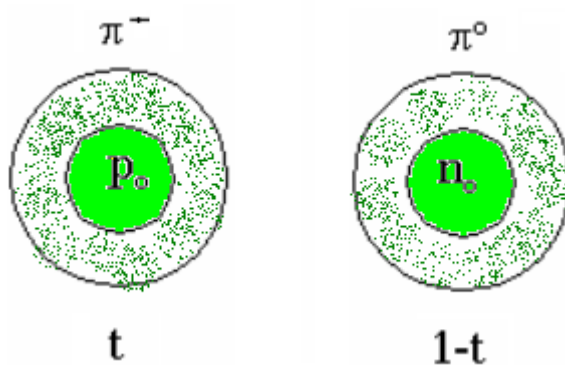
Proton va neytronlarning magnit momentlarini proton va neytronlar markazlarida yalang'och proton (neytron) va atrofida mezon buluti bor, bular bir-birlariga uzviy almashinib turadilar deyilsa tushunarli bo'ladi. Masalan, proton magnit momentini tushuntirish uchun: markazida yalang'och neytron n_0 atrofida π^+ -mezon holatida t vaqt tursa, $(1-t)$ vaqtda markazida yalang'och proton p_0 atrofida π^0 -mezon holatida (1-rasm) bo'lsin, u holda o'rtacha magnit momenti



1-pacm

$$\mu_p = (\mu_n + \mu_{\pi^+})t + (\mu_p + \mu_{\pi^0})(1-t) = \mu_{\pi^+}t + \mu_p t - \mu_p t = (6,6\mu_{yam} + \mu_{yam} - \mu_{yam})t > \mu_{yam} \quad (1)$$

Bunda yalang'och proton p_0 magnit momenti $\mu_p = 1$ ya.m, π^+ -mezon massasi proton massasidan 6,6 marta kichik bo'lgani uchun magnit momenti $6,6\mu_{yam}$ teng. n_0 , π^0 -mezonlar magnit momentlari nolga teng. (1) formuladan ko'rinib turibdiki, proton o'rtacha magnit momenti yadro magnetonidan katta. Xuddi shuningdek neytron magnit momentini ham t vakt ichida yalang'och n_0 va π^0 -mezon buluti va $(1-t)$ vaqtda yalang'och p_0 va π^- -mezon bulutidan iborat deb qarash mumkin (2-rasm).



2 - rasm

Neytronning o'rtacha magnit momenti

$$\mu_n = (\mu_{p_0} + \mu_{\pi^-})t + (\mu_{n_0} + \mu_{\pi^0})(1-t) = (\mu_{yam} - 6,6\mu_{yam})t < 0 \quad (2)$$

demak, neytron magnit momenti nol bo'lmasdan manfiy ($-1,91\mu_{yam}$) bo'lishligi, protonning magnit momenti, $1\mu_{yam}$ bo'lmasdan $2,79\mu_{yam}$ bo'lishligi tushunarli.

Erkin holatda p-barqaror, n-esa radioaktiv 12 minutdan keyin $n \rightarrow p + \beta^- + \nu$ yemiriladi. Yadro ichida neytron, protonlar bir-birlariga o'tib turishadilar. Proton va neytronlar spinlari teng, massalari deyarli teng, bir-birlariga uzviy almashinib turadi, yadro kuchlari ham bir xil zarralar hisoblanadi, bir so'z bilan **nuklon** deb ataladi. Nuklonlar uchun yadro kuchlari bir xil bo'lgan faqat elektromagnit maydonga nisbatan ikkita erkinlik darajasiga ega bo'lgan aynan bir xil (zaryadli proton, zaryadsiz neytron) zarralardir.

Yadro kuchlari ta'sirida proton va neytronlar birikib turli yadrolarni hosil qiladilar.

Atom yadrosining asosiy xususiyatlari

Atom yadrosi turg'un (barqaror), yoki radioaktiv bo'lishi mumkin. Bu yadrolar massa soni A , elektr zaryadi Z , massasi M , massasiga bog'liq, to'la bog'lanish energiyasi E_{bog} , radiusi (o'lchami) R , spini I , magnit momenti μ , elektr kvadrupol momenti Q , izotopik spini T va shu yadroning to'lqin funksiyasiga xos bo'lgan juftligi R bilan xarakterlanadi. Radioaktiv yadrolar yana yemirilish turi, yarim yemirilish davri, yemirilish natijasida hosil bo'lgan α , β , γ nurlarning energiyasi bilan ham xarakterlanadi.

Atom yadrolari yana o'zlarining energetik holatlari bilan xarakterlanib, eng kichik energiyali holatiga yadroning asosiy holati va undan yuqori energiyaga ega bo'lgan holatlarga **o'yg'ongan holatlar** deb ataladi. Yuqorida sanab o'tilgan yadro xususiyatlarining deyarli hammasi yadroning ham asosiy, ham o'yg'ongan holatlari uchun xosdir. Massa soni A va zaryadi Z dan tashqari hamma xususiyatlari holat energiyasi o'zgarganda o'zgarishi mumkin. O'yg'ongan holatdagi yadro xususiyatlariga yana yadroning bir energetik holatdan ikkinchisiga o'tish usuli, yadroviy reaksiyalar ko'rilganda zarraning yadro bilan yoki yadrolarning o'zaro ta'sirlashish kesimi va yadroviy reaksiyalarda ajralgan energiya, ikkilamchi zarralarning burchak taqsimoti va boshqa kattaliklar bilan xarakterlanadi.

Massa soni, atom yadrosining zaryadi va massasi

Atom yadrosi proton va neytrondan tashkil topganligi aniqlangach, protonlar soni Z va neytronlar soni N birgalikda massa soni A deb atala boshlandi. $A=Z+N$. Barcha yadroviy reaksiyalarda massa soni saqlanadi. Bunga nuklonlar yoki **barion soni saqlanishi** deb ham ataladi.

Masalan: ${}_Z^A X_N$ - X - ximiyaviy belgisi, A - massa soni, Z - yadro zaryadi

${}_2^4\text{He}$, ${}_8^{16}\text{O}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$ - Geliyda massa soni 4, zaryadi 2, neytronlari 2. Kislorodda massa soni 16, zaryadi 8, neytronlari 8. Uranda massa soni 235, zaryadi 92, neytronlari 143 ta.

Massa soni, massa atom birligida hisoblangan yadro massasidan $\sim 1\%$ largacha farq qilishi mumkin.

Atom yadrosining yana muhim xususiyati zaryaddir. Yadro zaryadi yadroni tashkil etgan zarralar zaryadlari yig'indisiga teng bo'lishi kerak.

Yadro proton va neytronlardan iborat ekan, neytron zaryadsiz - neytral zarra. U holda yadro zaryadi protonlar zaryadlari yig'indisiga teng bo'ladi. Proton zaryadi musbat miqdor jihatdan elektron zaryadiga teng: $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl. Shunday qilib, tartib nomeri Z bo'lgan biror element atomining yadrosi Ze zaryadga ega.

Masalan:

${}_1^1\text{H}$ - vodorod yadrosi uchun $Z=1$ zaryad miqdori $+e$

${}_2^4\text{He}$ - geliy yadrosi uchun $Z=2$ zaryad miqdori $+2e$

$^{16}_8\text{O}$ -kislorod yadrosi uchun $Z=8$ zaryad miqdori $+8e$

$^{235}_{92}\text{U}$ -uran yadrosi uchun $Z=92$ zaryad miqdori $+92e$.

Yadro zaryadi yadroda protonlar sonini xarakterlaydi, lekin yadroda zaryad taqsimotini anglatmaydi.

Yadro zaryadi yadroda protonlar soniga o'z navbatida atom qobig'idagi elektron soni (atom har doim neytral bo'lgani uchun) yoki Mendeleyevning elementlar davriy sistemasidagi tartib raqamiga teng.

1). Zaryadini aniqlashning ko'pgina usullari mavjud. Jumladan, 1913 yilda ingliz olimi Mozli qonuniga ko'ra, yadro zaryadi shu yadro atomi qobig'idan chiqayotgan xarakteristik rentgen nurlar chastotasi ν orasidagi bog'lanish

$$\sqrt{\nu} = AZ - B \text{ ga ko'ra aniqlash mumkin.}$$

Xarakteristik rentgen nurlanishi atomning ichki (masalan, K, L, M va h.k.) qobiqlarida hosil bo'lgan bo'sh o'rinlarni yuqori qobiqdagi elektronlar egallaganda hosil bo'lar edi. Nurlanish seriyalardan iborat bo'lib, berilgan nurlanish seriyasi uchun A va V o'zgarmas koeffitsiyentlar element turiga bog'liq emas. Demak, A va V koeffitsiyentlar ma'lum bo'lsa, xarakteristik rentgen nurlanish chastotasini (ν) tajribada o'lchab, elementning tartib nomeri Z ni aniqlash mumkin.

2). Atom yadrosining zaryadini 1920 yilda Chadvik qo'llagan usuli bilan ham aniqlash mumkin. Bunda α -zarralarning yupqa metall yaproqchalardan sochilishi uchun Rezerford keltirib chiqargan formuladan foydalaniladi:

$$\frac{dN}{N} = nd \left(\frac{Ze^2}{m_\alpha g} \right)^2 \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

bunda: dN - θ burchak yo'nalishidagi $d\Omega$ fazoviy burchak ichida sochilgan α -zarralar soni. N_α -zarralarning dastlabki soni, n -muhitning hajm birligidagi yadrolar soni, d -muhit qalinligi.

Berilgan radioaktiv preparat uchun α -zarralarning tezligi V - ma'lum. Rezerford tajribasi (1) formula yordamida sochilgan α -zarrachalarni hisoblab, sochuvchi yadro zaryadini topish mumkin.

3) Elektr zaryadining miqdori barcha yadro jarayonlarida saqlanadi. Bunga elektr zaryadining saqlanish qonuni deb ataladi. Shunga ko'ra yadro reaksiyalari va yemirilishlarida zaryad balansiga ko'ra aniqlash mumkin.

Yadro massasi. Massa moddiy obyektning eng muhim xususiyatlardan biri bo'lib, jismning inersiya, gravitatsiya va energiya o'lchamlari bo'lib xizmat qiladi. Yadro massasi atom massasi birligida o'lchanadi. Ma'lumki, atom neytral holatda bo'ladi. Bir **massa atom birligi** - ^{12}C massasining $1/12$ qismi olingan.

$$1 \text{ m.a.b.} = \frac{1}{12} {}^{12}\text{C} = \frac{1}{12} \frac{12}{N_A} = \frac{1}{6,025 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g.}$$

Eynshteyn qarashiga ko'ra massa bilan energiya orasidagi bog'lanish qonuniga asosan har qanday M massali obyektga shu massaga mos **$E = mc^2$** energiya va aksincha, E energiyaga $M=E/c^2$ tenglik bilan ifodalanuvchi massa to'g'ri keladi.

1 m.a.b.ga mos keluvchi energiya

$$E = mc^2 = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} \cdot 9 \cdot 10^{20} \frac{\text{sm}^2}{\text{c}^2} = 14,94 \cdot 10^{-4} \text{ erg} = 931,5 \text{ MeV}$$

Yadro fizikasida massa va energiya eV (elektronvolt) larda o'lchaniladi.

$$1 \text{ eV} = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ CGSE} \quad \frac{1}{300} \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

yoki

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl} \cdot 1 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

1 eV dan katta birliklari keV, MeV, GeV va h.

1 keV = 103 eV

1 MeV = 106 eV

1 GeV = 109 eV mavjud.

Nisbiylik nazariyasiga asosan massa bilan tezlik orasidagi bog'lanish.

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (2)$$

Bu yerda M va M_0 - v tezlik bilan harakat qilayotgan va tinch holatdagi jismlar massasi.

Relyativistik mexanikaga asosan v tezlik bilan harakat qilayotgan jismning to'la energiyasi $E = M_0 c^2 + T$ (3) bo'ladi, bunda $M_0 c^2$ jismning tinch holatdagi energiyasi, T - uning kinetik energiyasi

Ikkinchi tomondan

$$E = Mc^2 = \frac{M_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} \quad (3)$$

bo'lgani uchun harakatdagi jismning kinetik energiyasi

$$T = \frac{M_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}} - M_0 c^2 = M_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \quad (4)$$

Yadro fizikasida yana quyidagi formula ham ishlatiladi.

$$E = \sqrt{M_0^2 c^4 + p^2 c^2} \quad (5)$$

Bu formulada $p = MV = \frac{M_0 \beta \cdot c}{\sqrt{1 - \beta^2}}$

M massali jismning relyativistik impulsidir, uni $E = Mc^2$ dan keltirib chiqarish mumkin.

Haqiqatan,

$$E^2 = M^2 c^4 = \frac{M_0^2 c^4}{1 - \beta^2} = \frac{M_0^2 c^4 + M_0^2 \beta^2 c^4 - M_0^2 \beta^2 c^4}{1 - \beta^2} =$$

$$= \frac{M_0^2 c^4 (1 - \beta^2) + M_0^2 \beta^2 c^4}{1 - \beta^2} = M_0^2 c^4 + p^2 c^2$$

Relyativistik holat uchun kinetik energiya T va impulsi p orasidagi bog'lanishni (3), (5) formulalarga ko'ra keltirib chiqarish mumkin.

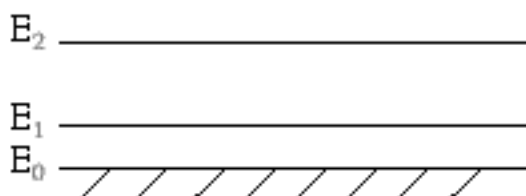
$$M_0 c^2 + T = \sqrt{M_0^2 c^4 + p^2 c^2}$$

kvadratga ko'tarsak

$$T(2M_0 c^2 + T) = p^2 c^2 \quad (6)$$

Atom yadrosi nuklonlardan iborat murakkab sistema bo'lgani uchun uning energiyasi nuklonlar ichki harakat energiyasi bilan belgilanadi. Nuklonlar ichki harakat energiyasi qancha katta bo'lsa, tinch holat massasi $M_0 = E/c^2$ shuncha katta bo'ladi. Yadro asosiy holatiga tinch holat massaning va energiyaning eng minimal qiymati mos keladi. Ya'ni nuklonlar harakatining minimum harakati (chastotasi) **asosiy holat** deyiladi. Yadro tashqaridan energiya qabul qilsa, energiyasi oshadi yadro diskret o'yg'ongan $E_1, E_2, \dots$, holatlarga o'tadi mos ravishda massasi ham

$\Delta M = \frac{E_1}{c^2}$ ga oshadi. (2-rasm).



2-rasm

2-rasmda energiya (0) yadro asosiy holati, E_1, E_2 lar o'yg'ongan holat energiyalari. Xar bir yadro o'ziga xos o'yg'onish energiyalariga ega bo'ladilar, yadroning o'yg'onish energiyasi qanday yo'l bilan o'yg'onishiga bog'liq emas. Barcha yadro jarayonlari energiya saqlanishi bilan ro'y beradi.

Atom massalarining aniq qiymati mass-spektrometrik texnika yordamida tajribada aniqlanadi. Mass-spektrometrlarning har xil turlari mavjud. Odatda musbat zaryadlangan ionlar zaryadining ularning massasiga bo'lgan nisbati e/m , magnit va elektr maydonlarning umumiy ta'siri natijasida ionlar dastasining og'ish kattaligi orqali aniqlanadilar.

Hozirgi zamon mass-spektrometrlari vodoroddan tortib hamma elementlarning massalarini millionning 0,02 ulushi qadar aniqlikda o'lchash imkonini beradi.

Atom yadrolari massasini boshqa usullarda ham yuqori aniqlikda o'lchash mumkin. Masalan, yadroviy reaksiyalar, radioaktiv yemirilishlarda energiya balansini tahlil qilishlik va radiospektroskopik, mikroto'lqin va boshqa usullar.

Yadro dagi nuklonlar miqdorlariga qarab **izotop, izobar, izoton, ko'zguli** yadrolar deb ataladilar.

Bir xil zaryadga (Ze) ya'ni bir xil sonli protonga, ammo har xil massa soniga A ega bo'lgan yadrolarga izotoplar deb ataladi.

Masalan, $^{16}_8O$, $^{17}_8O$, $^{18}_8O$ protonlar soni bir xil, neytronlar soni turlicha, elementlar davriy sistemasida bir joyda joylashadi. Izotoplar bir xil ximiyaviy va optik xususiyatlarga egadirlar. Lekin fizik xususiyatlari massa soni, toq-juftliklari va hokazo turlichadir.

Massa soni A bir xil zaryadlari har xil yadrolarga **izobar** yadrolar deb ataladi.

Masalan: $^{10}_4Be$, $^{10}_5B$, $^{10}_6C$

Izobarlar ximiyaviy xususiyatlari turlicha, fizik xususiyatlar, nuklon soni bir xil bo'ladi. Lekin bir xil A-bo'lganda ham izobar yadrolar massalari birmuncha farq qiladilar.

Birinchi yadroning protonlari ikkinchi yadroning neytronlariga, ikkinchi yadroning protonlari birinchi yadroni neytronlariga teng bo'lsa **ko'zguli** yadrolar deb ataladi.

Masalan: $^1_0n \rightarrow ^1_1P$, $^3_1H \rightarrow ^3_2He$, $^7_4Be \rightarrow ^7_3Li$

Ko'zguli yadrolardan biri radioaktiv bo'ladi. Har qanday o'zgarishlardan so'ng bir-biriga o'tishadilar.

Bu yadro xususiyatlari bir-birlariga ancha yaqin. Ko'zguli yadrolar, yadro kuchlar tabiatini va yadro kuchlariga elektromagnit maydonining hissasini aniqlashda keng ko'llaniladi. Neytronlari bir xil bo'lgan yadrolarga **izotonlar** deb ataladi.

Masalan: $^{15}_7N$, $^{16}_8O$, $^{17}_9F$

Yadrolarning o'lchami va zichligi

Yadro o'lchami - yadroning mavjudlik sohasi yoki yadro kuchlarining ta'sir sferasidir. Yadro o'lchami (radiusi) $R \sim 10^{-13}$ sm bo'lib atom radiusidan 10^5 marotabalar kichikdir.

Yadro razmerini tajribada aniqlashning ko'pgina usullari bor. Masalan, elektron va neytronlarning atom yadrosidan sochilishiga ko'ra, undan tashqari yadro radiusini «**ko'zgu**» yadrolarga, protonlarning elektrostatik ta'sir energiyasini o'rganish, μ -mezonlar rentgen nurlanishni o'rganish va alfa radioaktiv yadrolarning yemirilish qonunini o'rganish yo'li bilan ham aniqlash mumkin. Yuqorida sanab o'tilgan usullar yadroviy kuchning o'zaro ta'sir sohasini yo elektromagnit o'zaro ta'sir sohasini aniqlashga asoslangan. Turli usullar yadro taxminan shar shaklida ekanligi va aniq chegaraga ega ekanligini hamda radiusi massa soniga $R=R_0A^{1/3}$ (7) bog'liq ravishda oshib borishligini ko'rsatadi. Bu yerda R_0 -doimiy kattalik bo'lib, uning qiymati yadro radiusini aniqlash usuliga bog'liq ravishda (1,2÷1,4) F (1 fermi= 10^{-13} sm) bo'ladi.

Tez neytronlarning sochilishiga oid tajribalardan $R_0=1,4$ f, α parchalanish natijalaridan $R_0=1,3$ f, zaryadli zarralar ta'sirida bo'ladigan yadro reaksiyalari natijalariga ko'ra $R_0=1,6$ f.

(7) ifodadan yadroni shar shaklida deb qarab hajm birligidagi zarralar sonini topamiz.

$$n = \frac{A}{V} = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{3}{4\pi R_0^3} = \frac{3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-39} \text{ sm}^3} \approx 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3}$$

Yadro zichligi hajm birligidagi nuklonlar massasi m_N

$$\rho = nm_N = 10^{38} \frac{\text{nuklon}}{\text{sm}^3} \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 10^{14} \frac{\text{g}}{\text{sm}^3} = 100 \cdot 10^6 \frac{\text{t}}{\text{sm}^3}$$

Nuklonlar orasidagi masofa

$$\delta = \sqrt{\frac{V}{A}} = \sqrt{\frac{4\pi R_0^3}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi R_0^3 A}{3A}} = \sqrt{\frac{4\pi}{3}} \cdot R_0 = 2,3 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$$

Ko'rinib turibdiki, yadro hajm birligidagi nuklonlar soni, yadro zichligi, nuklonlar orasidagi masofa ham o'zgarmas, yadro turiga bog'liq emas.

Demak, yadro nuklonlar orasidagi masofa barcha yadrolar uchun o'zgarmas ekan, yadro siqilmaydi, massa soni ortishi bilan hajmi oshib boradi. Yadro kuchlari qisqa masofada katta kuch bilan ta'sir etadi.

Bog'lanish energiyasi

Yadro bog'lanish kuchlari tufayli A nuklondan, ya'ni Z -proton va $N=A-Z$ neytrondan tashkil topgan sistemadan iborat. Agar yadroni uni tashkil qiluvchi nuklonlarga ajratmoqchi bo'lsak, bog'lash kuchining ta'siriga qarshi ish bajarish kerak. Bu ishning kattaligi bog'lanish energiyasi yoki yadro barqarorligining o'lchamidir.

Bog'lanish energiyasi - nuklonlarga kinetik energiya bermasdan nuklonlar orasidagi bog'lanishni (o'zaro aloqani) uzish uchun kerak bo'lgan energiyaga aytiladi.

Bu energiyani yadrodagi nuklonlarning o'zaro ta'sir (yadro kuchlar) qonuniyati hozircha noma'lum bo'lsa ham, energiyaning saqlanish qonuni va nisbiylik nazariyasining massa bilan energiyani bog'laydigan $E=mc^2$ ifodasidan foydalanib topish mumkin.

Agar yadroning massasi $M(A,Z)$ ni, uni tashkil qilgan nuklonlar massa soniga to'g'ri keluvchi massalari yig'indisi $[Zm_p + Nm_n]$ ga solishtirsak, birinchi massa ikkinchisidan bir oz kichik Δm ekanligini ko'ramiz. Bu massalarning farqi **massa defekti** deb ataladi.

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n - M(A, Z)]$$

Bu yerda Zm_p - protonlar massasi, $(A-Z)m_n$ - neytronlar massasi, $M(A,Z)$ - yadroning massasi.

Massa defekti nuklonlarning jipslashib yadro hosil qilish natijasida ajralib chiqqan $E_{\text{bog'}}$ bog'lanish energiyasining kattaligini ifodalaydi.

$$E_{bog' } = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - M(A, Z)]c^2$$

Hozirgi vaqtda yadro massasini yuqori aniqlikda o'lchashlik defekt massani, ya'ni yadro bog'lanish energiyasini katta aniqlikda aniqlash imkoniyatini yaratdi.

Bog'lanish energiyasi formulasini neytral atomlar massalari orqali ifodalash kulaydir, chunki odatda jadvallarda atom massalari keltiriladi. Buning uchun proton massasini o'sha yadro atomining massasi bilan almashtiriladi va atomdagi tegishli elektronlarning massasi hisobga olinadi:

$$\begin{aligned} E_{bog' } &= \{ZM_{at}({}_1^1H) - Zm_e + (A - Z)m_n - [M_{at}(A, Z) - Zm_e]\}c^2 = \\ &= [ZM_{at}({}_1^1H) + (A - Z)m_n - M_{at}(A, Z)]c^2 \end{aligned}$$

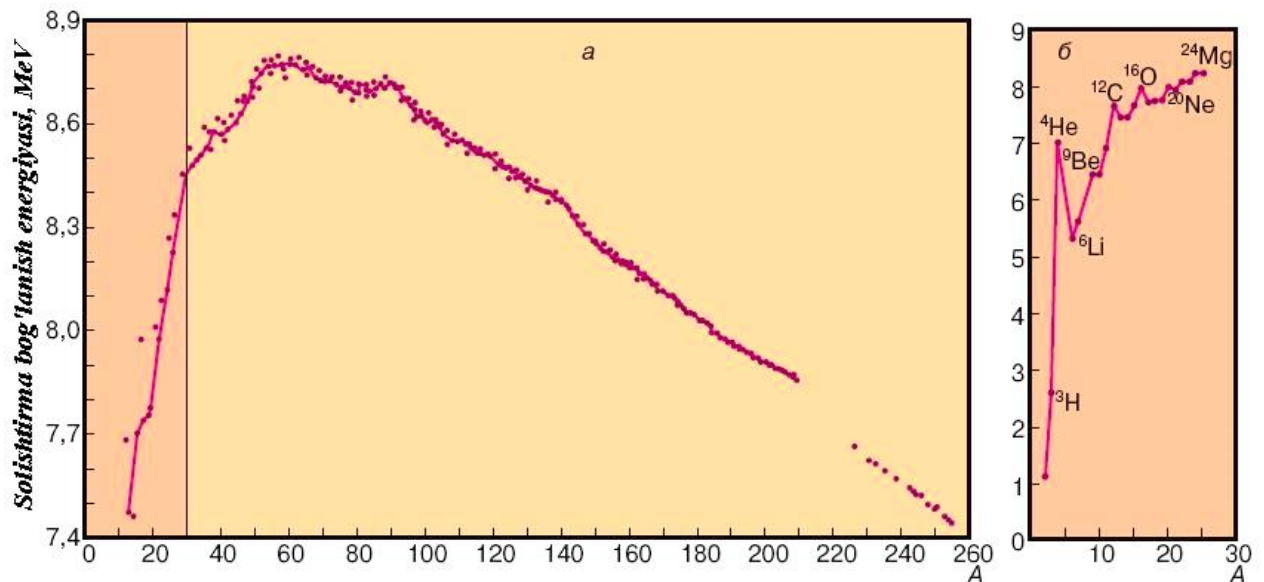
Yadro bog'lanish energiyasining bitta nuklonga to'g'ri keluvchi qiymati solishtirma bog'lanish energiyasi deb ataladi.

$$\varepsilon = \frac{E_{bog' }}{A}$$

Yadroning mustahkamligini xarakterlashda bog'lanish energiyasidan tashqari **zichlashish koeffitsiyenti** ishlatiladi. Har bir nuklonga to'g'ri keluvchi defekt massaga **zichlashish (upakovka) koeffitsiyenti** deb ataladi.

$$f = \frac{\Delta m}{A}$$

Mavjud yadrolar solishtirma bog'lanish energiyasining massa soniga bog'liqlik grafigi 3-rasmda keltirilgan. Solishtirma bog'lanish energiyasi juda yengil elementlardan tashqari barcha elementlar uchun taxminan bir xildir. Massa soni $A > 11$ bo'lgan yadrolarda o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi 7,4 dan 8,8 MeV. Eng katta qiymat ($\approx 8,8$ MeV) massa sonlari $A = 60$ (temir va nikel)ga yaqin sohasiga to'g'ri keladi. Argon 40 dan qalay-120 gacha bo'lgan oraliqda $E = 8,6$ MeV deyarli o'zgarmaydi. Og'ir elementlar tomoniga borgan sari egrilikning maksimumdan pasayishi ancha sekin sodir bo'ladi. Nihoyat, eng og'ir yadrolarda bir nuklonga to'g'ri keladigan o'rtacha solishtirma bog'lanish energiyasi taxminan 7,5 MeV ni tashkil etadi. Ancha yengil elementlar tomon pasayishi A ning kamayib borishi bilan tezroq sodir bo'ladi. Solishtirma bog'lanish energiyasi yadrodagi nuklonlarning proton va neytronlarning toq yoki juftligiga bog'liq ekan.



3-rasm

Odatda juft-juft yadrolarning bog‘lanish energiyasi toq-toq yadrolarning $E_{\text{bog'}}$ energiyasidan sezilarli katta bo‘ladi. Juft-toq yoki toq-juft yadrolarning $E_{\text{bog'}}$ energiyasi ham juft-juft va toq-toq yadrolar bog‘lanish energiyalaridan farq qiladi. Eng katta bog‘lanish juft-juft yadrolarga, eng kuchsiz bog‘lanish toq-toq yadrolarga to‘g‘ri keladi.

Haqiqatdan, har xil element izotoplarining barqarorligi Z va N larning juft yoki toqligiga bog‘liq. Masalan, turg‘un izotoplarining ko‘pchiligida A juft eng turg‘un yadrolar. Juft-toq va toq-juft yadrolarning turg‘unligi juft-juft yadrolarnikiga nisbatan kamroq. Toq-toq yadrolarning ko‘pchiligi beqarordir. Tabiatda fakat 4 ta turg‘un toq-toq yadrolar uchraydi. ^2_1H , ^6_3Li , $^{10}_5\text{B}$, $^{14}_7\text{N}$. Proton va neytronlar soni «sehrli» (magik) sonlar deb nom olgan 2, 8, 20, 50, 82, 126 sonlarga teng bo‘lganda yadrolar, ayniqsa, katta turg‘unlikka ega bo‘lib, tabiatda keng tarqalgan. Protonlar va neytronlar soni «sehrli» songa teng bo‘lsa, yadrolar, ayniqsa, juda katta turg‘unlikka ega bo‘lib, ular ikki qarra «sehrli» yadrolar deb ataladi. Tajribada aniqlangan yadro bog‘lanish energiyasini tahlil qilishlik ko‘pgina yadro xususiyatlari to‘g‘risida xulosalar chiqarish imkoniyatini beradi.

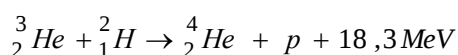
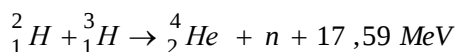
1. O‘rtacha solishtirma bog‘lanish energiyasi ko‘pgina yadrolar uchun 8 MeV/nuklon ga teng. Bu elektronning atomda bog‘lanish energiyasidan juda katta. Masalan, vodorod atomida elektronning bog‘lanish energiyasi (ionizatsiya potentsiali) 13,6 eV. Eng og‘ir element atomlarida ham K-elektronning bog‘lanish energiyasi 0,1 MeV dan oshmaydi. Demak, yadro kuchi ta’siri tufayli nuklonlar yadroda bir-birlari bilan juda qattiq bog‘langan. Shuning uchun ham tabiatda uchraydigan gravitatsiya, elektromagnit va kuchsiz o‘zaro ta’sirlardan farqli ravishda yadroviy kuch kuchli o‘zaro ta’sir etuvchi kuch deb ataladi.

2. Solishtirma bog‘lanish energiyasining o‘rtacha qiymatining (8 MeV/nuklon) o‘zgarmas bo‘lishligi yadro kuchlari qisqa masofada ta’sirlashuv xarakteriga ega deyishlikka asos bo‘ladi. Ta’sir sferasi nuklonlar o‘lchamidan hatto, undan ham kichik, yadroda har bir nuklon o‘ziga yaqin turgan nuklonlar bilangina ta’sirlasha

oladi deb qaraladi. Haqiqatdan ham yadrodagi A nuklon qolgan (A-1) nuklonlar bilan ta'sirlashganda bog'lanish energiyasi $E \sim A(A-1)$ massa sonini A^2 - bog'liq bo'lgan bo'lar edi. Aslida bog'lanish energiyasi $E = \epsilon A$ massa sonining A^1 - birinchi darajasiga bog'liq, demak, yadro kuchlari to'yinish xarakteriga ham ega ekan.

3. Yadro energiyasi qaysi jarayonlarda vujudga kelishligi qancha energiya ajratishligini bilish mumkin. Engil yadrolar qo'shilib (sintez) og'irroq yadrolar hosil qilishsa solishtirma bog'lanish energiyalari farqiga to'g'ri keluvchi energiya ajraladi-termoyadro reaksiyasi natijasidir.

Masalan:



Bundan tashqari og'ir yadrolar bo'linishidan o'rta yadrolar hosil bo'lishsa ham, yadro energiyalari ajralishligi mumkin ekanligi aniqlandi.

Yadro bog'lanish energiyasi uchun Veytzeckerning yarimempirik formulasi

1935 yil **K.Veytzecker** tajriba natijalariga asosan yadroni suyuq tomchi deb qarab, yadro bog'lanish energiyasi uchun yarimempirik formulasini yaratdi. Yadroning siqilmasligi, nuklonlar orasidagi ta'sirlashuv qisqa masofada katta parametr bilan bo'lishligi, solishtirma bog'lanish energiyasining doimiyliigi yadro moddasining suyuq tomchiga o'xshaydi deyishlikka asos bo'ladi. Yadro bog'lanish energiyasi massa soni bilan chiziqli bog'langan.

$$E_{bog} = \alpha A \quad (1)$$

Bu yerda α -solishtirma bog'lanish energiyasi, A-massa soni. Birinchi ifodada A nuklondan tashkil topgan yadroda hamma nuklonlar bir xil bog'lanish energiyasi bilan bog'lanib turibdi deb qaraladi. Aslida shunday emas, chunki yadro suyuq tomchi - shar shaklida bo'lsa, sirtida joylashgan nuklonlar to'la sirti bilan ta'sirlasha olmaydi, faqatgina ichki tomondan ta'sirlashadi. Shuning uchun sirt energiyasiga tuzatma kiritish lozim.

Shar sirti uchun sirt energiyasi

$$E_{bog} = \sigma \cdot 4\pi R^2 \quad (2)$$

bunda σ -sirt taranglik koeffitsiyenti

$$\sigma_{yadro} = 10^{24} \text{ erg} \cdot \text{sm}^{-2} = 10^{17} \frac{\text{J}}{\text{sm}^2} \left(\sigma_{suv} \approx 10^2 \frac{\text{erg}}{\text{sm}^2} \right)$$

Yadro sirt taranglik koeffitsiyentining suvnikiga nisbatan juda katta bo'lishi yadro bog'lanish energiyasining kattaligidandir (R-yadroning radiusi)

$$E_{bog} = \sigma \cdot 4\pi R_0^2 A^{2/3} = 4\pi\sigma R_0^2 A^{2/3} = \beta A^{2/3}$$

Yadro hajmi A-proporsional, sirt energiyasi $A^{2/3}$ tartibda oshib borsa, yadro o'lchami oshib borishi bilan sirt yuzining hajmga nisbati kamayadi, demak og'ir yadrolarda bog'lanish energiyasining sirt energiyasi hisobidan kamayishi pasayadi. Sirt energiyasi $E_\sigma \sim A^{2/3}$ tartibda bog'lanish energiyasini kamaytiradi.

$$E_{bog} = \alpha A - \beta A^{2/3}$$

Yadro zaryadlangan shar deb qaralsa, yadrodagı protonlarning o‘zaro Kulon itarilish energiyasi hisobidan ham bog‘lanish energiyasi kamayishini e‘tiborga olish lozim. Bu energiya Z^2 bogliq bo‘lganligi sababli og‘ir yadrolarda etarli darajada katta bo‘ladi. Elektrodinamikadan ma‘lumki tekis zaryadlangan shar uchun Kulon energiyasi

$$E_{\kappa} = \frac{3(Ze)^2}{4\pi\epsilon_0 5R} = \frac{3e^2}{20\pi\epsilon_0} \frac{Z^2}{R_0 A^{1/3}} = \gamma Z^2 A^{-1/3}$$

Yadro bog‘lanish energiyasi yadrodagı proton va neytronlarning farqiga ham bog‘liq bo‘lib, proton va neytronlar soni teng bo‘lganda yadrolar turg‘un bo‘ladi. Protonlar soni neytronlar soniga teng bo‘lgan yadrolar uchun $Z=A/2$ bo‘ladi va bu tenglikdan har ikki tomonga o‘zgarishi yadroning bog‘lanish energiyasini kamayishiga sabab bo‘ladi. Proton bilan neytronlarning o‘zaro teng bo‘lmasligini

$\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2$ miqdor xarakterlaydi. Shuning uchun yadroning bog‘lanish energiyasining nuklonlar simmetrikligi tufayli kamayishini hisobga oluvchi

$-\xi \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A}$ had kiritilishi lozim.

Bu hadda A^{-1} ko‘paytuvchi shuning uchun kiradiki, neytron proton juftining paydo bo‘lishi bilan bog‘lanish energiyasiga kiritiladigan o‘rish shunday juftning berilgan hajmda bo‘lish ehtimoliligiga chiziqli bog‘liq: bu ehtimollik esa yadro hajmiga teskari proporsional. Bu tuzatmani yadro tomchi modeli bilan tushuntirib bo‘lmaydi, uni Pauli prinsipiga ko‘ra fermi-gaz modeli bilan tushuntiriladi.

Yadro bog‘lanish energiyasiga yana bir tuzatma bu nuklonlarning juft yoki toqligi ko‘ra bog‘lanish energiyasining o‘zgarishiga tuzatmadir. Juft protonli va juft neytronli juft-juft yadrolar eng turg‘un (163-ta yadro), juft-toq yoki toq-juft yadrolar (50-55 ta) ning bog‘lanish energiyasidan kamroq va nihoyat toq-toq yadrolardan to‘rttagina yadro (${}^2_1H, {}^6_3Li, {}^{10}_5B, {}^{14}_7N$) turg‘un.

Juft-juft yadrolarning mustahkam bog‘lanishligini va tabiatda ko‘p tarqalganligini ikki bir xil nuklon qarama-qarshi yo‘nalgan spinlarining juftlashishi va energetik sathni to‘ldirishga intilishi bilan tushuntirsa bo‘ladi. Shunday qilib nuklonlar juft-toqligiga $\delta A^{-3/4}$ tuzatma kiritiladi.

$$\delta = \begin{cases} +\delta & \text{juft - juft yadrolar uchun} \\ 0 & A - \text{toq, juft - toq, toq - juft yadrolar uchun} \\ -\delta & \text{toq - toq yadrolar uchun} \end{cases}$$

Bog‘lanish energiyasi uchun K.Veytszekker formulasi

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

Bunda birinchi had αA -hajm energiyasi, ikkinchi $\beta A^{2/3}$ - had sirt, uchinchi $\gamma Z^2 A^{-1/3}$ - Kulon energiyalarini ifodalaydi. To'rtinchi va beshinchi hadlar nuklonlar simmetriklik va toq juftliklariga tuzatmalar. Formuladagi beshta: α , β , γ , ξ , δ -koeffitsiyentlar beshta massalari aniq o'lchangan yadrolarga qo'llash bilan aniqlanadi.

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

Dastlab, 1954 y. Amerikalik fizik Grin ko'plab tajriba natijalariga ko'ra koeffitsiyentlarni aniqladilar hozirgi vaqtda koeffitsiyentlar quyidagicha qiymatga ega:

$$\begin{aligned}\alpha &= 15,7 \text{ MeV} , \\ \beta &= 17,8 \text{ MeV} , \\ \gamma &= 0,71 \text{ MeV} , \\ \xi &= 23,7 \text{ MeV} , \\ \delta &= 34 \text{ MeV}\end{aligned}$$

Bu formula yordamida istalgan Z va A yadroning massasini, bog'lanish energiyasini $\approx 10^{-4}$ aniqlikda hisoblash mumkin. Bundan tashkari α -yemirilish, proton, neytronlarni yadrodan ajratish, bo'linish va sintez reaksiyalarida ajraladigan energiyalarni katta aniqlikda hisoblash imkoniyatini beradi.

SAVOLLAR:

1. Nuklonlarning xususiyatlari. Nuklonlar magnit momentlarining kutilgan qiymatidan boshqacha chiqishligini qanday tushuntiriladi.
2. Yadro massa soni, massasi va o'lchov birliklari, o'lchash usullarini ayting.
3. Yadro zaryadini aniqlash usullarini ayting.
4. Izotop, izobar, ko'zguli yadrolar bu yadrolar xususiyatlari bilan bir-birlaridan qanday farqlanishini tushuntiring.
5. Bog'lanish energiyasi va aniqlash usullari ayting.
6. Solishtirma bog'lanish energiyasi, zichlashish koeffitsiyenti va ma'nosi nima?
7. Yadro energiyasi qayerda yashirilgan?
8. Yadro kuchlarining qisqa masofada katta kuch bilan ta'sirlashuvi, to'yinish xarakteri qayerda ko'rinadi.

ADABIYOTLAR:

1. T.M.Muminov, A.Xoliqulov, Sh.Xushmurodov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.2009 y.
2. R.B.Bekjanov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T. 1995. 13-28, 39-60 betlar.
3. K.Sh.Teshaboyev. Yadro va elementar zarralar fizikasi. T.1992. 13-27 betlar.

4. K.N.Muxin. Eksperimental.naya yadernaya fizika. T.1.M.1974. 22-69 betlar.
5. Y.M.Shirokov, N.P.Yudin. Yadernaya fizika M.1980. 30-44, 55-63 betlar.
6. D.V.Sivuxin. Obshiy kurs fiziki. M.1989. 18-35 betlar.
7. A.I.Naumov. Fizika atomnogo yadra i elementarnaya chastits. M.1984. 91-102, 145-148 betlar.

III - MA'RUZA

Nuklonlar, yadro spin va magnit momenti. Yadroning elektr kvadrupol momenti

REJA:

1. Yadroda momentlarning vujudga kelishi va aniqlash usullarini tushuntirish.
2. Yadro momentini bir nuklonli Shmidt nazariyasiga ko'ra hisoblash yo'lini tushuntirish.
3. Yadro elektr kvadrupol momenti va aniqlash usullarini tushuntirish.

Tayanch so'zlar:

O'tanozik, struktura, spin, yadro magnetoni, giromagnit nisbat, orbital giromagnit nisbat, Shmidt chiziqlari, kvadrupol moment, deformatsiya parametri.

Atom yadrosi massa, zaryadga ega bo'lish bilan birga **harakat miqdori momenti - spinga** va bunga bog'liq bo'lgan **magnit momentga** ham ega bo'lish kerak. Yadroning spinga ega bo'lishligini 1928 yili **Pauli** bashorat qilgan edi.

Ayrim spektral chiziqlar bir-birlariga yaqin bo'lgan o'nlab komponentalardan iborat bo'lib, komponentalar orasidagi masofa 0,01-0,02 nm. Hatto 0,002 nm gacha bo'lib, ajralish asosiy chiziqlarga nisbatan 10^3 marotabalar kichik. Spektral chiziqlarning o'tanozik strukturasini yadro magnit momentining (μ_{ya}) elektron qobiqdagi elektronlarning harakati tufayli vujudga kelgan magnit maydoni (H_e) bilan ta'sirlashuviga ko'ra holatlarning ajralishligidir.

$$U = -\mu_{ya} H_e$$

Hozirgi zamon ma'lumotlariga ko'ra, A nuklondan tuzilgan yadroning to'la momenti **I** bu nuklonlarning spini va orbital momentlarning vektor yig'indisiga teng. Agar nuklonlarning spini va orbital harakat o'rtasidagi o'zaro ta'sir spinlararo o'zaro ta'sirdan kuchsizrok, ya'ni spin-orbital aloqa yo'q yoki deyarli yo'q bo'lsa, zarralarning orbital momentlari sistemaning to'la orbital momenti **L** ni, spin momentlari **S_i** esa to'la spin momenti **S** ni beradi, ya'ni

$$\vec{L} = \sum_i \vec{l}_i \quad \text{va} \quad \vec{S} = \sum_i \vec{s}_i$$

U vaqtda sistemaning **to'la momenti** quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{I} = \vec{L} + \vec{S}$$

Bu sistemaning to'la orbital momenti L ning va to'la spin momenti S ning taxminiy saqlanishiga olib keluvchi o'zaro ta'sir **L - S bog'lanish** deb ataladi. Bunday bog'lanish nuklonlar o'rtasida markaziy kuchlar ta'sir qilgan taqdirda yuzaga kelishi mumkin.

Umuman olganda, yadro kuchlari markaziy kuchlar emas: yadrodag i o'zaro ta'sir nuklonlar spini va orbital momentning bir-biriga nisbatan yo'nalishiga, ya'ni $(\vec{l}, \vec{s})$ ekalyar ko'paytmaga bog'liq bo'ladi. Sferik maydonda har bir nuklonning to'la momenti

$$\vec{j}_k = \vec{l}_k + \vec{s}_k .$$

Yadroning to'la mexanik momenti I esa yadro tarkibidagi nuklonlar to'la mexanik momentlari j_k ning vektor yig'indisiga teng:

$$\vec{I} = \sum_k \vec{j}_k$$

Bu xildagi bog'lanish **j - j bog'lanish** deb ataladi. j - j bog'lanishning ustun kelishi tajribada tasdiqlandi. Faqat eng yengil yadrolardagina L - S bog'lanish o'rirlidir. Yadrodagi maydon va yadro nuklonlarining o'zaro ta'sir xarakterini bilmay turib, **I** vektorlar yig'indisi qanday qonunga bo'ysunishini oldindan aytish qiyin. Bunday qonuniyatlar tajriba natijalaridan olinadi. Tajribalar yadrolarning spinlari, barcha juft-juft yadrolarning asosiy holat spinlari nol $I=0$, toq A -li (toq-juft, juft-toq) yadrolarniki

$I = \left(\frac{1}{2} \div \frac{9}{2} \right) \hbar$, A juft (toq-toq) yadrolarniki esa $I = (1 \div 5) \hbar$, Nuklonlarning xususiy spinlari $S=1/2\hbar$.

Bundan ko'rinadiki juft nuklonlar momentlari bir-birini (kompensatsiyalaydi) yo'qotadi. Shuning uchun juft-juft yadrolar spinlari $I=0$, toq yadroda (toq-juft, juft-toq) yadroda juftlanmagan nuklon spini yadro spini, A juft (toq-toq) yadroda esa toq proton va toq neytronlarning yig'indisidan iborat butun sondagi spinga ega bo'ladi. Haqiqatan, agar nuklonning momentlari j bir xil yo'nalishga ega bo'lsa, yadroning to'la momenti **I** og'ir yadrolar uchun yuz va undan ham ortiq qiymatlar olishi mumkin edi. Hamma juft-juft yadrolar nolga teng bo'lgan spinga ega. Demak, bunday yadrolarda har bir nuklonlar juftining to'la momentlari antiparallel yo'nalgan bo'lib, bir-birini kompensatsiyalaydi. Yadrolar xususiy mexanik moment-spinga ega bo'lish bilan birga xususiy magnit momentiga ham ega bo'ladilar. Haqiqatdan ham, zaryadli zarraning aylanish natijasida magnit momenti vujudga kelganligi sababli, aylanish momenti noldan farqli bo'lgan yadro ham magnit momentiga ega bo'ladi. Bu yuqorida bayon qilinganidek atom elektronlarining yadro magnit momenti bilan ta'siri natijasida atomlar o'ta nozik strukturaga ega bo'ladilar. Yadro magnit momenti yadro tarkibidagi neytron va protonlarning spin magnit momentlari hamda protonlarning yadrodag i orbital harakatlari tufayli paydo bo'ladi. Neytronda elektr zaryadi bo'lmaganligidan, uning orbital harakati hech qanday magnit effektini hosil qilmaydi. Zaryadlangan zarralarning orbital harakati aylanma elektr tokiga ekvivalent, aylanma tok esa magnitli dipol maydoniga ekvivalent magnit maydonini hosil qiladi. Kvant mexanikasidan ma'lumki, zaryadi e , massasi m_e bo'lgan

elektronning orbital magnit momenti $\mu = l \cdot \frac{eh}{2m_e c}$ (l -orbital moment, 0,1,2, . . .

qiymatlar qabul qiladi). $L=1$ bo'lsa $\mu_B = \frac{eh}{2m_e c} = 9,2732 \cdot 10^{-21} \text{ erg} \cdot \text{gs}^{-1}$ - **Bor**

magnetoni deb ataladi.

Xuddi shuningdek yadro va nuklonlarning magnit momentlari birligi qilib $\mu_{ya.m} = \frac{eh}{2m_p c} = \frac{\mu_B}{1836,5} = 5,0505 \cdot 10^{-24} \text{ erg} \cdot \text{gs}^{-1}$ yadro magnetoni qabul qilingan. Bu yerda

$m_p=1836,5m_e$ - proton massasi. Bor magnetoni yadro magnetonidan 1836,5 marta katta $\mu_B = 1836,5\mu_{ya.m}$.

Yadro magnit momentlari bir necha yadro magnetoni qiymatida bo'lib juda kichik bo'lgani uchun ularni o'lchash katta qiyinchiliklarga olib keladi.

Odatda, shartli ravishda, magnit momentlari spinga parallel bo'lsa-musbat deb, qarama-qarshi bo'lsa manfiy deb hisoblanadi. Proton va neytronlarning xususiy magnit momentlarining (mos ravishda $+2,79\mu_{yam}$, $-1,91\mu_{yam}$) bo'lib, kutilgan qiymatdan boshqacha chiqishligi nuklonlarning ham o'z navbatida murakkab tuzilishga ega deb tushuntiriladi.

Nuklonlar magnit momentlari chetlanishi deyarlik bir xil. Proton uchun magnit momenti $1 \mu_{yam}$, neytron uchun 0 bo'lishi kerak, tajribada olingan qiymatidan chetlanishi proton uchun $\Delta\mu_p=\mu_p-1=(2,79-1)\mu_{yam}=1,79\mu_{yam}$, neytron uchun $\Delta\mu_n=(-1,91-0)\mu_{yam}=-1,91\mu_{yam}$. $|\Delta\mu_p|\approx|\Delta\mu_n|$ bir xil chetlanish bu esa o'z navbatida nuklonlar atrofida bir xil tabiatga ega bo'lgan zaryadli zarralar borligini ko'rsatadi.

Dastlabki vaqtlarda yadroning spini va magnit momentini yadroda toq nuklonning spin va magnit momentiga teng deb qarashdilar, lekin yadroning massa sonining birmuncha oshishi bilan yadroning magnit momenti ishorasi va qiymati ham tajriba natijalariga mos kelmaydi. Masalan:

Yadro	Spin		μ	
	I_{tajr}	$I_{nazariy}$	$\mu_{tajr.}$	$\mu_{nazariy}$
n	1/2	1/2	-1,913	-1,91
p	1/2	1/2	+2,79	+2,79
2_1H	1	1	0,857	0,88
3_2He	1/2	1/2	-2,127	-1,91
4_2He	0	0	0	0
6_3Li	1	1	+0,82189	0,88
7_3Li	3/2	1/2	+3,256	2,79
9_4Be	3/2	1/2	-1,17746	-1,91
${}^{10}_5B$	3	1	+1,8066	0,88
${}^{12}_6C$	0	0	0	0
${}^{13}_6C$	1/2	1/2	0,70225	-1,91

${}^{14}_7N$	1	1	+0,40369	0,88
${}^{15}_7N$	1/2	1/2	-0,28322	2,79

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, ${}^{13}_6C$, ${}^{15}_7N$ - yadrolar momentlari toq neytron, toq protonlarning spin va magnit momentlariga teng bo‘lishi kerak edi, lekin bu yadrolar magnit momentlari qiymatlari va ishoralari ham mos kelmaydi.

Bu kamchilikni bartaraf qilish uchun 1937 yili **Shmidt** yadro spini va magnit momenti yadroga toq nuklonning to‘la momentidan iborat degan bir nuklonli modelini yaratdi.

Bu modelga ko‘ra yadro spini va magnit momenti yadroda juftlanmagan toq nuklonning orbital va xususiy spini **$I=l+S$** va magnit momenti $\mu=g_l l+g_s S$ dan iborat deb qaraydi. Ma’lumki, yadro **I** – orbital va spin momentlaridan tashkil topadi **$I=l\pm S$** . Vektor qiymati bilan skalyar qiymat orasida $I^2=I(I+1)$ bog‘lanish mavjud. Yadro magnit momenti (μ) spini (I) bilan

$$\mu = gI \quad (1)$$

chiziqli bog‘langan, bunda g - giromagnit nisbat, magnit moment μ -yadro magnetonida, spin I esa (h) Plank doimiysida o‘lchanadi. Proton uchun orbital giromagnit nisbat $g_l^p = 1$, neytron uchun $g_l^n = 0$, spin giromagnit nisbat proton uchun $g_s^p = 5,58$, neytron uchun $g_s^n = -3,82$

$\mu_s^p = 2,79 \mu_{yam}$; $S_p = 1/2$, $\mu_s^n = -1,91 \mu_{yam}$; $S_n = 1/2$. Shunday qilib, Shmidt yadroning magnit momentini hisoblashda juftlashmagan toq nuklon orbitada harakatlanadi deb harakatni orbital kvant soni bilan ifodaladi.

$$\mu = g_l l + g_s S \quad (2)$$

ni quyidagicha yozamiz

$$\mu = 1/2(g_l + g_s)(l + S) + 1/2(g_l - g_s)(l - S) \quad (3)$$

(1) ifodani I -ga ko‘paytirsak, I^2 ni skalyar qiymat bilan ifodalasak

$$(\mu I) = g I^2 = g I(I+1) = \mu(I+1) \quad (4)$$

(4) ifodadan

$$g = \frac{\mu(I+1)}{I(I+1)} \quad (5)$$

(5) ifodaga μ -ning (3) dagi qiymatini keltirib qo‘ysak $I=l+S$ ni e’tiborga olib

$$g = \frac{1}{2}(g_l + g_s) + \frac{1}{2}(g_l - g_s) \frac{(l - S)(l + S + 1)}{I(I + 1)} \quad (6)$$

(6) ifodani **I** ga kupaytirib toq proton yoki toq neytronli yadrolarning magnit momentini hisoblash mumkin. Bunda nuklonlar to‘la spini orbital va spin momentlari parallel yoki antiparallel bo‘lishlari mumkin.

- 1) **Toq proton orbital va xususiy spinlari o‘zaro parallel** **$I=l+S$** bo‘lsin, **$l=I-S=I-1/2$** ; (6) ifodadan

$$\mu = gI = \left[\frac{1}{2}(g_l^p + g_s^p) + \frac{1}{2}(g_l^p - g_s^p) \frac{(I - 1/2 - 1/2)(I - 1/2 + 1/2 + 1)}{I(I + 1)} \right] I =$$

$$= \left[\frac{1}{2}(1 + 5,58) + \frac{1}{2}(1 - 5,58) \frac{(I - 1)(I + 1)}{I(I + 1)} \right] I = 3,29 I - 2,29 (I - 1) = I + 2,29 \quad (7)$$

2) **Toq proton orbital va xususiyl spinlari antiparallel** $I=l-S$ bo'lsin
 $l=I+S=I+1/2$. Magnit momenti (6) ifodadan

$$\mu = \left[\frac{1}{2}(g_l^p + g_s^p) + \frac{1}{2}(g_l^p - g_s^p) \frac{(I + 1/2 - 1/2)(I + 1/2 + 1/2 + 1)}{I(I + 1)} \right] I =$$

$$= \left[\frac{1}{2}(1 + 5,58) + \frac{1}{2}(1 - 5,58) \frac{I(I + 2)}{I(I + 1)} \right] I = \left[3,29 - 2,29 \frac{I + 2}{I + 1} \right] I =$$

$$= \frac{3,29 I + 3,29 - 2,29 I - 4,58}{I + 1} I = \frac{I - 1,29}{I + 1} I = \left(1 - \frac{2,29}{I + 1} \right) I \quad (8)$$

3) **Toq neytron orbital va xususiyl spinlari o'zaro parallel** $I=l+S$ bo'lsin $l=I-S=I-1/2$. Magnit momenti (6) ifodadan

$$\mu = \left[\frac{1}{2}(g_l^n + g_s^n) + \frac{1}{2}(g_l^n - g_s^n) \frac{(I - 1/2 - 1/2)(I - 1/2 + 1/2 + 1)}{I(I + 1)} \right] I =$$

$$\left[\frac{1}{2}(0 - 3,82) + \frac{1}{2}(0 + 3,82) \frac{(I - 1)(I + 1)}{I(I + 1)} \right] I = -1,91 I + 1,91 I - 1,91 = -1,91 \quad (9)$$

4) **Toq neytron orbital va xususiyl spinlari antiparallel** $I=l-S$ bo'lsin
 $l=I+S=I+1/2$, Magnit momenti (6) ifodadan

$$\mu = \left[\frac{1}{2}(g_l^n + g_s^n) + \frac{1}{2}(g_l^n - g_s^n) \frac{(I + 1/2 - 1/2)(I + 1/2 + 1/2 + 1)}{I(I + 1)} \right] I =$$

$$\left[\frac{1}{2}(0 - 3,29) + \frac{1}{2} \cdot 3,29 \frac{I(I + 2)}{I(I + 1)} \right] I = -1,91 I + 1,91 (I + 2) \frac{I}{I + 1} =$$

$$= \frac{-1,91 I^2 - 1,91 I + 1,91 I^2 + 2 \cdot 1,91 I}{I + 1} = \frac{1,91 I}{I + 1} \quad (10)$$

Toq protonli yadrolarning magnit momentlari spinlarining parallel yoki antiparallel bo'lishiga ko'ra (7), (8) ifodadan:

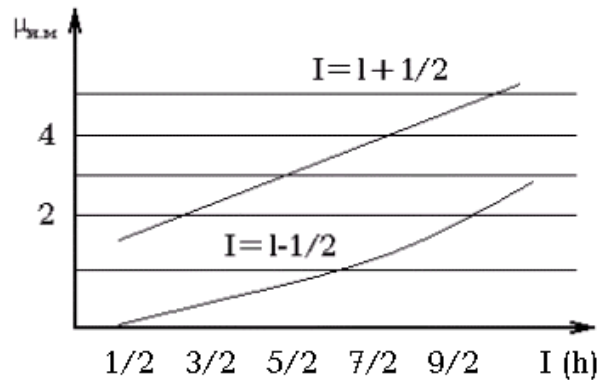
$I=I+S$	$\mu (\mu_{yam})$	$I=I-S$	$\mu (\mu_{yam})$
$S_{1/2}$	2,79	$P_{1/2}$	-0,26
$P_{3/2}$	3,79	$d_{3/2}$	0,12
$d_{5/2}$	4,79	$f_{5/2}$	0,86
$f_{7/2}$	5,79	$g_{7/2}$	1,71
$g_{9/2}$	6,79	$h_{9/2}$	2,62
$h_{11/2}$	7,79		

Toq neytronli yadrolarning magnit momentlari (9), (10) ifodalarga ko'ra:

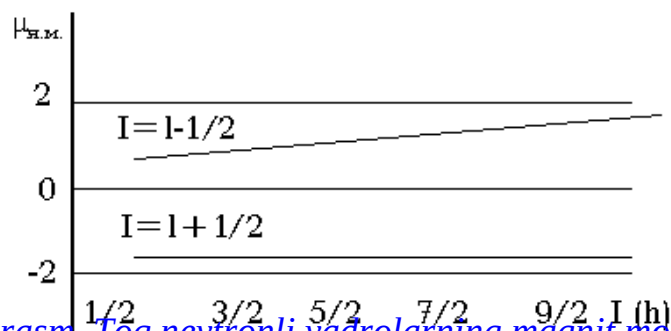
$I=I+S$	$\mu (\mu_{yam})$	$I=I-S$	$\mu (\mu_{yam})$
$S_{1/2}$	-1,91		

$P_{3/2}$	-1,91	$P_{1/2}$	0,638
$d_{5/2}$	-1,91	$d_{3/2}$	1,148
$f_{7/2}$	-1,91	$f_{5/2}$	1,366
$g_{9/2}$	-1,91	$g_{7/2}$	1,488
$h_{11/2}$	-1,91	$h_{9/2}$	1,565

Olingan natijalar grafigini chizsak.



1-rasm. Toq protonli yadrolarning magnit momenti



2-rasm. Toq neytronli yadrolarning magnit momenti

1 va 2 rasmlardagi chiziqlarga **Shmidt chiziqlari** deb ataladi.

Rasmlardan ko‘rinib turibdiki, toq protonli yadrolarda magnit momenti orbital momentning ortishi bilan ortib boradi, toq neytronli yadrolarda esa bunday bog‘lanish deyarli yo‘q. Bu yadro momentlarida nuklonlar orbital momentlari ham qatnashadi degan Shmidt g‘oyasining to‘g‘ri ekanligini ko‘rsatadi. Toq nuklonlarning orbital momenti qiymati va parallel yoki antiparallelligi qobiqli modelga ko‘ra aniqlanadi, bu haqda yadro modellari bobida bayon etiladi.

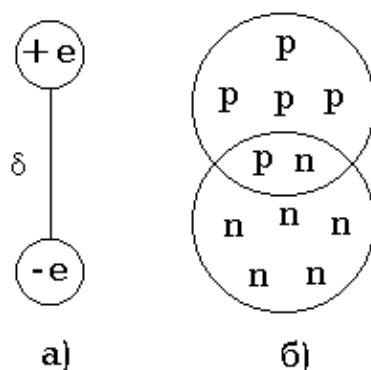
Tajribada o‘lchangan hamma yadrolar magnit momentlari Shmidt chiziqlari orasida joylashadi, pastki yoki yuqori chiziqqa yaqinlashib boradi.

Yadroning elektr kvadrupol momenti

Yadrolar magnit momentidan tashqari yana elektr momentga ham ega bo‘ladi. Yadroning elektr momenti unda elektr zaryadining taqsimlanishiga bog‘liq.

Bir-biridan δ masofada joylashgan har xil ishorali ikki e zaryaddan tashkil topgan sistema dipol deyilar edi (3a-rasm). Bunday sistemaning dipol momenti $P=e\delta$. Yadro esa proton va neytronlardan tashkil topgan. Agar proton va neytronlar inersiya

markazlari bir-birining ustiga tushmasa (3b-rasm) yadroning dipol momenti $P_{ya}=Ze\delta$ ga teng bo'ladi, bu yerda δ -zaryad simmetriya markazining yadro inersiya markazidan og'ishi.



3-rasm. a) Elektr dipol. b) Protonlari neytronlarga nisbatan siljigan yadro.

Hamma yadrolarning dipol momenti nolga teng bo'lib chiqdi. Bu yadroda protonlar va neytronlar tekis aralashganligini bildiradi.

Dipol momenti

$$D_z = \int z \rho_z(r) dr \quad (15)$$

$\rho_z(r)$ – inersiya markaziga nisbatan zaryad taqsimoti,

dr – r ga yaqin joyda hajm elementi,

$D_z = 0$ ekan, demak yadroda proton va neytronlar og'irlik markaziga nisbatan ajralib turgan emas.

Yadroda protonlar soni zaryad miqdorini xarakterlaydi, lekin yadroda zaryad taqsimotini bermaydi. Tajribalar yadro hajmida zaryad taqsimotining sferik simmetriyadan chetga chikish hollarini borligini ko'rsatadi. Ayniqsa juft-juft yadrolar spektrlarida **aylanma yo'lak** holatlari ko'zatilishi yadrolar shaklining simmetrik holatidan chetlanishini aniq ko'rsatadi.

Ma'lumki, aylanma holat energiyalari

$$E_{ayl} = \sum_{i=1}^3 \frac{M_i^2}{2 \mathfrak{I}_i} \quad (16)$$

Bu yerda M_1, M_2, M_3 - bosh o'qqa harakat miqdori momenti proyeksiyasi.

j_1, j_2, j_3 - bosh o'qqa inersiya momenti proyeksiyasi.

$M = \hbar J, M^2 = \hbar^2 J(J+1)$ ekanligini bilgan holda (16) ifoda

$$E_{ayl} = \frac{\hbar^2 J^2}{2 \mathfrak{I}} = \frac{\hbar^2 J(J+1)}{2 \mathfrak{I}} \quad (17)$$

$J=0,2,4,8\dots$ qiymatlarni oladi.

Kvantlangan mikroskopik jismlar sferik simmetrik holatda aylanma harakat qila olmaydi, aylanma harakat qilishsa albatta simmetrikligini buzishadi.

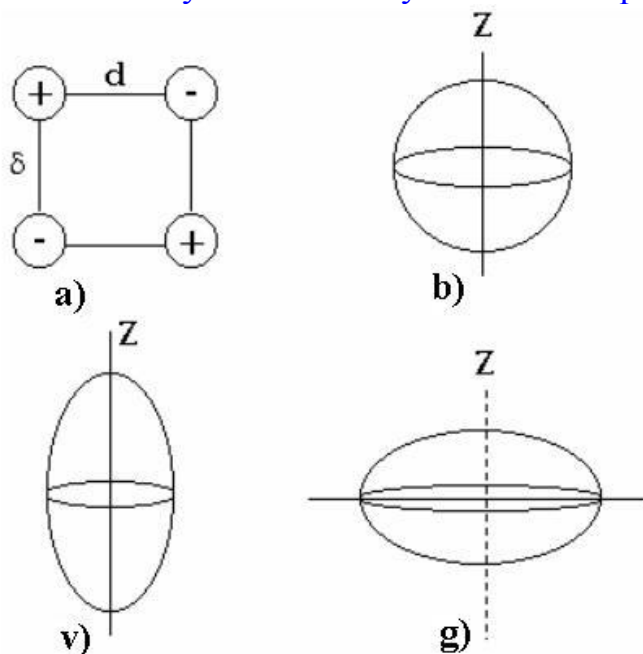
Shunday qilib, yadrolarda aylanma yo'laklar mavjudligi sferik holatdan chetlanishligini ko'rsatadi. Spinlari noldan farq qiluvchi yadrolar va o'yg'ongan holatlari aylanma yo'laklari ko'zatiladi.

Yadroning elektr kvadrupol momenti Q uning muhim elektr xususiyatlaridan biri bo'lib, yadro shaklini o'rganishda katta ahamiyatga ega. Kvadrupol moment $Q=2Pd=2e\delta d$ ga teng. Ko'rinib turibdiki, elektr kvadrupol moment sirt birligida o'lchanadi. O'lchov birligi **barn** ($1 \text{ barn}=10^{24} \text{ sm}^2$) **yadroda zaryadlarning sferik simmetriklik shakldan chetlanishini ifodalaydi. Yadroning elektr maydoni E gradiyent $\partial E_x / \partial x, \partial E_y / \partial y$ bilan ta'sirlashuvi tufayli vujudga keladi.** Yadro kvadrupol momenti

$$Q = \int \rho(r)(3r_z^2 - r^2) dv \quad (18)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Bu yerda $\rho(r)$ – yadroning ichidagi r nuqtadagi zichligi, r_z - yadroning Q eng katta qiymatiga ega bo'ladigan z yo'nalish o'qiga r -ning proyeksiyasi. Sferik simmetriyaga ega bo'lgan yadrolar uchun $3r_z^2 - r^2 = 0$ $Q=0$. Yadro shakli z o'q bo'yicha cho'zilgan bo'lsa $3r_z^2 > r^2$; $Q > 0$. $3r_z^2 < r^2$ bo'lsa yadro shakli z yo'nalishda siqilgan $Q < 0$ (4-rasm)

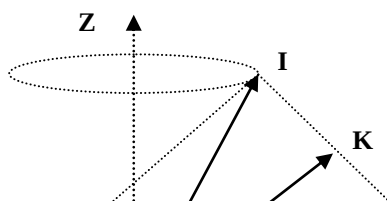


4–rasm. a) Elektr kvadrupol, b) Sferik yadro, v) Musbat kvadrupol momentli yadro, g) Manfiy kvadrupol momentli yadro

Yadro kvadrupol momenti **tashqi va ichki** kvadrupol momentga bo'linadi. **Tashqi Q kvadrupol moment laboratoriya koordinat sistemasida o'lchanilgan, ichki kvadrupol Q_0 moment esa yadro bilan birgalikda massa markazi atrofida aylanuvchi koordinatalar sistemasida o'lchanganiga aytiladi.** Yadroning kvadrupol momenti Q uning xususiy kvadrupol momenti Q_0 va yadroning Z o'qqa nisbatan holati esa, o'z navbatida, yadro spinining (I) shu Z o'qqa nisbatan yo'nalish va uning simmetriya o'qidagi proyeksiyasining qiymati ($\bar{K}$) bilan aniqlanadi (5-rasm). Sferik bo'lmagan o'ygongan yadroning spini umumiy holda quyidagiga teng

$$\bar{I} = \bar{K} + \bar{\Omega}$$

Bu yerda $\bar{K}$ -yadrodagi nuklonlar momentlari yig'indisining yadro simmetriya o'qidagi proyeksiyasi va $\bar{\Omega}$ -yadroning aylanish momenti.



5-rasm

Yadroning simmetriya o'qi yo'nalishida laboratoriya o'qiga nisbatan kvant fluktuatsiyalari bo'lganligidan tashqi moment absolyut qiymati jihatidan ichki momentidan har doim kichik bo'ladi (ya'ni $K \leq I$). Q va Q_0 momentlar

$$Q = \frac{2K^2 - I(I+1)}{(I+1)(2I+3)} Q_0 \quad (19)$$

Asosiy holat, ya'ni $I=K$ bo'lgan hol uchun

$$Q = \frac{I(2I-1)}{(I+1)(2I+3)} Q_0 \quad (20)$$

(20) ko'rinadiki, $I=0; 1/2$ bo'lganda $Q_0=0$ bo'lmasa ham $Q=0$ bo'ladi. Buning sababi yadro simmetriya o'qi kvant fluktuatsiyalar ta'sirida tartibsiz yo'nalgan bo'ladi. Natijada koordinatalarning laboratoriya sistemasidagi zaryad taqsimoti sferik simmetrik bo'lib qoladi.

Yadro spini $I>1$ bo'lganda Q noldan farqlanadi va Q/Q_0 nisbat $I=1$ da 0,1; $I=3/2$ da 0,2 ga teng bo'lib, $I>1$ da 1 ga yaqinlashadi.

Tashqi kvadrupol momentlarni tajribada o'lchash uchun magnit dipol momentlarini o'lchashdagi usullardan foydalaniladi. Agar Q momentga ega bo'lgan yadro bir jinsli bo'lmagan elektr maydonga kiritilsa, maydonning kvadrupolga ta'sir energiyasi dE/dZ Q ga mutanosib bo'ladi. Bunday ta'sir natijasida atomning o'ta nozik strukturaga ega bo'lgan spektrida qo'shimcha chiziqlar hosil qilishi, intervallar qoidasini buzishi mumkin. Shunga ko'ra Q -moment aniqlanadi.

Yadroning ichki Q_0 elektr kvadrupol momenti atom energetik holatlarining o'ta nozik strukturasiidagi ajralishlarga sabab bo'la olmaydi. Q_0 ni o'lchash uchun yadroning kulon o'yg'onish hodisasidan foydalaniladi. Bu hodisaning mohiyati shundan iboratki, yadro zaryadlangan zarra bilan to'qnashganda **elektrostatik o'zaro ta'sir** hisobiga o'yg'ongan holatga o'tishi mumkin. Agar yadroning o'yg'onayotgan sathi aylanma bo'lsa, o'yg'onish intensivligining nazariy va tajribada olingan qiymatlarini taqqoslash asosida Q_0 ning qiymatini topish mumkin. Mazkur jarayonning nokvantaviy ta'siri kuyidagicha: uchib kelayotgan zarra, masalan, bir necha MeV lik α -zarra yadro chekkasi yaqinidan o'tayotib, shu chekkasidan itaradi va yadroni aylantiradi, natijada o'yg'ongan aylanma yo'lak holatlari hosil bo'ladi.

Umuman olganda yadroning shakli uning ichki kvadrupol momenti Q_0 ga bog'liq. Haqiqatdan, sferik simmetrik yadrolarda $Q=0$ va Q_0 ning nolga teng bo'lmasligi yadroni nosferik (deformatsiyalangan) shaklga ega ekanligidandir. Q ning

noldan farqli bo'lgan yadroning nazariy hisobga to'g'ri keladigan va tajribada tasdiqlangan eng oddiy shakli aylanma ellipsoid shaklga o'xshaydi. Yadro shaklini deformatsiya parametri β - bilan tavsiflanadi.

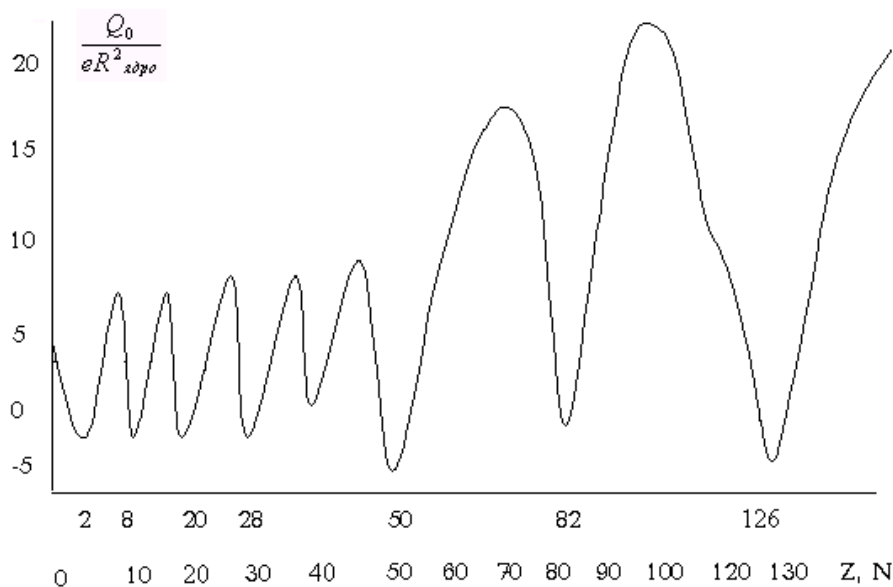
$$\beta = \frac{\Delta R}{R}$$

bunda $2R$ – simmetriya o'qining uzunligi, $2(R-\Delta R)$ - unga tik o'qning uzunligi yoki ΔR ellipsoid katta **a** va kichik **b** o'qlarining ($a-b$) farqi.

Agar yadroning zaryadi hajmi bo'yicha tekis taqsimlangan bo'lsa, Q_0 va β kattaliklar o'zaro quyidagicha bog'lanishga ega $Q_0 = \frac{3}{\sqrt{5}\pi} Z R^2 \beta$. Ko'pchilik

yadrolar uchun β ning qiymati 0,01-0,02 dan oshmaydi. Lekin deformatsiyalangan yadrolarda ($150 < A < 190$, $A > 222$) uchun β ba'zan 0,1-0,3 gacha boradi. Tajribada deformatsiya parametri β ni bevosita o'lchash usuli topilgan emas.

Yadrolarning kvadrupol momentlarini o'rganish shuni ko'rsatadiki, nuklonlar soni ortishi bilan Q_0 umuman ortadi (6-rasm). Proton va neytronlar soni «sehrli» sonlarga teng bo'lganda $Q_0=0$ bo'ladi, ya'ni bunday yadrolar sferik shaklga ega. «**Sehrli**» sonlar oraligida yadrolarning shakli o'zgaradi, hatto deformatsiya «**cho'zilgan**» shakldan «**siqilgan**» shaklga o'tadi. Bu holda kvadrupol moment ishorasi o'zgaradi. Ba'zi yadrolarning Q_0 momentlari juda katta bo'lib, yadro radiusining kvadratidan 10-20 marta katta bo'lishi mumkin. Bunday yadrolarning kvadrupol momentlari yadrodagi nuklonlarning kollektiv harakati bilan tushuntiriladi.



6-rasm. Yadro xususiy kvadrupol momentining neytron (yoki proton) soniga qarab o'zgarishi.

SAVOLLAR:

1. Yadro spinga ega ekanligini ko'rsatuvchi dalillar keltiring.
2. Spektral chiziqlarning o'ta nozik strukturasi qanday hosil bo'ladi?
3. Yadroning spini nuklonlar soniga bog'liqmi?
4. L-S va jj-bog'lanish nima?

5. Spin o'lchov birligi va tajribada aniqlash usullarini ayting.
6. Yadro magnit momentga ega ekanligini ko'rsatuvchi dalillar keltiring.
7. Shmidt modeli, ko'llanilishi va kamchiligi nima?
8. Yadro magnit momenti o'lchov birligi va aniqlash usullarini ayting.
9. Yadro dipol momenti nima?
10. Elektr kvadrupol momenti nima? O'lchov birligi. Yadro shaklining o'zgarishi qayerda ko'rinadi?
11. Tashqi, ichki kvadrupol momentlar va ularni aniqlash usullarini ayting.
12. Kvadrupol moment yadrodagi nuklonlar soniga bog'liqmi?

ADABIYOTLAR:

1. T.M.Muminov, A.Xoliqulov, Sh.Xushmurodov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.2009 y.
2. Р.Бекжонов. Атом ядроси ва зарралар физикаси. Т.1995. 28-38 бетлар.
3. К.Н.Мухин. Экспериментальная ядерная физика. М.1974. 70-98,105-113 с.
4. К.Т.Тешабоев. Ядро ва элементар зарралар физикаси. Т. 1992. 27-36 бетлар.
5. Ю.М.Широков, Н.П.Юдин. Ядерная физика. М. 1980. 45-54, 63-69 с.
6. П.Е.Колпаков. Основы ядерной физики. М. 1969. 106-130 бет.
7. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. ч.2. М. 1989. 35-52, 58-62 с.

IV-MA'RUZA

JUFTLIK, STATISTIKA

REJA:

1. Yadro holatlarining kvantmexanik tavsifi. To'lqin funksiyasining juftligini va aniqlash yo'llarini tushuntirish.
2. Juftlik saqlanish yoki saqlanmaslik holatlarini ko'rsatish.
3. Statistika turlari va Pauli tamoyilini tushuntirish.

Tayanch so'zlar:

Juftlik, inversiya, ko'zgu aksi, ichki juftlik, multipol, fermion, bozon, Pauli tamoyili.

Juftlik

Elementlar zarra, yadro va umuman, har qanday murakkab kvant sistemasining holati juftlik deb ataluvchi kattalik bilan xarakterlanadi.

Juftlik - mikrozaralar va ularda yuz beruvchi jarayonlarning ko'zgudagi aksiga nisbatan simmetriyaga ega bo'lish yoki bo'lmasligi bilan bog'langan fundamental tushunchalardandir.

Kvant mexanikasida zarraning holati x, y, z koordinatalarga va vaqtga bog'liq bo'lgan $\Psi(x,y,z,t)$ to'liq funktsiya bilan tasvirlanadi. Bu funktsiya kompleks funktsiya bo'lib, modulining kvadrati fazoning x, y, z nuqtasida t -vaqtda zarraning bo'lish ehtimolligini ifodalaydi. Masalan, zarraning fazoning kichik V hajmida t -vaqtda bo'lish ehtimolligi:

$$W(V, t) = \int_V |\Psi(x, y, z, t)|^2 dV$$

Bu ehtimollik zarra koordinatalarining o'ng yoki chap koordinatalar sistemasida o'lchanishiga bog'liq emas. O'ng koordinatalar sistemasidan chap koordinatalar sistemasiga o'tilganda x, y, z larning ishorasi teskarisiga o'zgaradi, ya'ni $-x, -y, -z$ bo'ladi.

Shunday qilib,

$$\int_V |\Psi(x, y, z)|^2 dV = \int_V |\Psi(-x, -y, -z)|^2 dV$$

yoki $V \rightarrow 0$ da

$$|\Psi(x, y, z)| = |\Psi(-x, -y, -z)|.$$

Ikki kompleks funktsiya bir-biridan $e^{i\alpha}$ ko'paytma bilangina farqlanganligi uchun

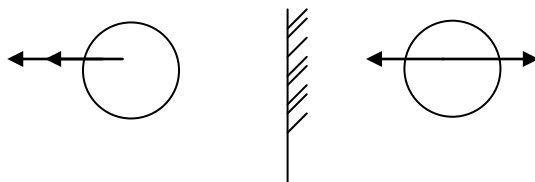
$$\Psi(-x, -y, -z) = e^{i\alpha} \Psi(x, y, z) \quad \text{ёки}$$

$$\Psi(-x, -y, -z) = \pm \Psi(x, y, z),$$

chunki $e^{i\alpha} = \pm 1$. Demak koordinalarning ishorasi o'zgartirilganda (yoki koordinatalar inversiyasi bajarilganda) funktsiyaning ishorasi yo o'zgaradi, yo o'zgarmaydi. Agar koordinatalar inversiyasi natijasida to'liq funktsiya o'z ishorasini o'zgartirmasa, u juft juftlikka ega, o'zgartirsa tok juftlikka ega deyiladi. Juftlik R bilan belgilanib, juft sistema uchun $R=+1$, tok sistema uchun $R=-1$ bo'ladi.

R -juftlik tushunchasiga asosan, bu operatsiya ta'sirida zarraning impulsi o'z yunalishini teskariga o'zgartirish kerak. Zarraning ko'zgudagi aksida impulsning yo'nalishi zarra impulsiga qarama-qarshi yo'nalgan. Lekin bu operatsiya ta'sirida impuls momenti, shuningdek, spin o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi (1-rasm).

Ko'zgu aksiga (r -ko'zguga) nisbatan impuls (r) ning va I harakat miqdori momenti (I) P ning o'zgarishi R



1-rasm

R -juftlikning saqlanish qonuni sistemada biror fizik hodisa ro'y berganda uning ko'zgudagi tasvirida ham shu hodisaning o'sha yo'nalishda ro'y berishini ko'rsatadi.

Matematika ta’biri bilan aytganda, R-juftlikning saqlanishi fizik qonunlarning fazoviy koordinatalar ishorasining o‘zgarishiga bog‘liq emasligini ifodalaydi.

Kuchsiz o‘zaro ta’sirda R-juftlikning saqlanish qonuni bu-ziladi. Ammo kuchli va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarda R-juftlik saqlanadi va bunday jarayonlarda yaxshi kvant soni bo‘lib qoladi. R-juftlik «etalon» zarralar-proton, neytron, Λ^0 -giperon, π -mezonlarga nisbatan aniqlanadi. Proton, neytron, Λ^0 -giperonlar uchun $R=+1$, (π -mezonlar uchun $R=-1$ deb qabul qilingan).

Massasi noldan farklanuvchi har bir mikrozarra ichki juft-likka ega bo‘ladi. Ichki juftlik zarraning o‘zgarimas xususiyati bo‘lib spin bilan birga yoziladi. Masalan,

proton spini, juftligi $P=+1$, $I^P = \frac{1}{2}^+$ shaklda ifodalanadi.

Antizarralar uchun ichki juftlik -1 ga teng. Masalan, antiproton uchun ichki juftlik $I^P = \frac{1}{2}^-$. Agar zarra fermionlar bo‘lsa, zarra va antizarraning juftliklari qarama-qarshi bo‘ladi. Bozon-lar uchun zarra va antizarraning ichki juftliklari bir xil bo‘ladi.

Ichki juftlik tushunchasi massalari noldan katta bo‘lgan zarralar uchun aniqlangan, chunki zarraning juftligi u tinch turgan koordinata sistemasida aniqlanadi. Zarraning ichki juftligi kvant-mexanika tushuncha bo‘lib, spin kabi klassik o‘xshashlikka ega emas.

Harakatdagi zarraning juftligi uning orbital momenti l ga bog‘liq. Markaziy simmetrik maydondagi l -orbital harakat momentiga va P ichki fazoviy juftlikka ega bo‘lgan zarraning juftligi $P(-1)^l$.

Juftlik saqlanish qonuni yadroviy jarayonlarning o‘tishiga ma’lum cheklanishlar ko‘yadi. Shu sababli yadroviy sistema juftligini aniqlash muhimdir.

Umumiy inersiya markazi tinch holatda bo‘lgan koordinata sistemasida ikkita A va B zarralar sistemasini ko‘raylik. Bunday sistemaning to‘lqin funksiyasini uchta to‘lqin funksiyalar ko‘paytmasi ko‘rinishida ifodalash mumkin

$$\Psi_{A+B} = \Psi_A \cdot \Psi_B \cdot \Psi_{IAB}$$

Bu yerda Ψ_A va Ψ_B – zarraning ichki holatlarini ifodalovchi to‘lqin funksiyalar Ψ_{IAB} – A va B zarralar nisbiy harakatining to‘lqin funksiyasi. Juftlikni aniqlash koordinatalar inversiyasi va $\Psi(x,y,z)$ $\Psi(-x,-y,-z)$ funksiyalarining ishoralarini taqqoslanishdan iborat bo‘lganligi uchun bu operatsiyani Ψ_A , Ψ_B , Ψ_{IAB} ga nisbatan ketma-ket o‘tkazish murakkab sistemaning juftligini aniqlash qoidasiga olib keladi. Uni quyidagicha ifodalash mumkin

$$P_{A+B} = P_A \cdot P_B \cdot P_{IAB}$$

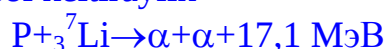
Demak, murakkab sistemaning juftligi tarkibiy qismlarning ichki juftliklari va nisbiy harakat to‘lqin funksiyasi juftligining kupaytmasiga teng. Shunday qilib, harakat miqdorining orbital momenti l bo‘lgan nisbiy harakatni ifodalovchi to‘lqin funksiyasining juftligi $P_{IAB}=(-1)^l$ bo‘ladi. $A+B$ sistemaning juftligi $P_{A+B}=(-1)^l P_A P_B$.

Yadroning juftligi yadrodagi nuklonlar orasidagi o‘zaro ta’sirni e’tiborga olmasak juftligi $P = (-1)^{\sum l_i}$ ga teng bo‘ladi. Bunda l_i – i nuklonning orbital momenti bo‘lib, yadro juftligini belgilaydi. Juft-juft yadrolar asosiy holatlarining juftligi $+1$ ga

teng deb qabul qilingan, bu qiymat tajriba va nazariy mulohaza-larga mos keladi. Ushbu mulohazalar yadrolar spinini o‘zaro juftlashadi, yakuniy spin nolga teng bo‘ladi deyilgandek, bunday juftlar bir xil orbital momentga ega. Bu xil nuklonlarning juftlari $P=(-1)^{2l}=+1$ ga teng, ya’ni hamma holatlar juftligi musbat bo‘ladi.

Massasiz foton yoki tinch holat massasi nol bo‘lgan relyativistik zarralar harakatini 1 orbital moment bilan ifodalab bulmaydi. Buning o‘rniga multipol tushunchasi kiritiladi. Multipol-ma’lum R juftlikka, L-to‘la momentga ega bo‘lgan erkin tarqaluvchi elektromagnit maydon. Erkin foton to‘la momenti $L=1,2,3...$ bo‘lgan holatlarda bo‘lishligi mumkin. Foton uchun to‘la momenti $L=0$ holat mavjud emas. Momenti L va juftligi $(-1)^L$ bo‘lgan fotonga elektr 2^L pol, xuddi shunday L moment va $(-1)^{L+1}$ ga magnit 2^L pol deb ataladi. Agar $L=1$ bo‘lsa dipol, $L=2$ -kvadrupol, $L=3$ – oktopol va h.k. Multipol nurlanishlarda juftlik muhim rol o‘ynaydi.

Juftlik saqlanishiga misol keltiraylik



Bu reaksiya energiya jihatidan qulay bo‘lsa ham, reaksiya ehtimoliyati juda kichik. Bu reaksiyada juftlik saqlanmaydi. Reaksiyagacha proton juftligi +1, ${}^7\text{Li}$ – ning 2p, 2n lari S-holatda ($l=0$) , qolgan 1p, 2n lari R-holatda ($l=1$) joylashadi, umuman ${}^7\text{Li}$ – juftligi –1, reaksiyadan keyin xosil bo‘lgan ikkita α -zarra nuklonlari S-holatda bo‘lib juftligi +1. Natijada reaksiyagacha juftliklar (tok), reaksiyadan keyin (juft). Shuning uchun bu reaksiya intensiv ketmaydi.

Shunday qilib, yadro to‘lqin funksiyasining juftligi muhim xarakteristikasi bo‘lib, kuchli va elektromagnit o‘zaro ta’sirlashuvlarga ko‘ra kechadigan barcha jarayonlarda (masalan, γ -nurlanish, α -yemirilish, yadro reaksiyalari, elementar zarralar o‘zaro ta’sirlashuvlarida) saqlanadi, dastlabki va oxirgi juftliklar o‘zgarmas bo‘lishi kerak.

Yadroning statistik xususiyati

Yadroning spin bilan bog‘liq bo‘lgan yana muhim xarakteristikasi statistik xususiyatidir. Statistik bir necha aynan bir xil zarralarning kollektiv xususiyatidir.

Bir xil mikrozaralar masalan, ikkita proton barcha xususiyatlari bilan aynan bir xil bo‘lib, bir-birlaridan farqlanmaydilar. Aynan bir xil ikki zarra o‘zaro joylari almashtirilsa holat xususiyatlari hech ham o‘zgarmaydilar. Bundan bir xil zarralarni almashtirishlik yangi holatga olib kelmaydi.

Demak, ikkita bir xil a va b zarralardan biri tayinli a va ikkinchisi b holatda emas, balki ixtiyoriy a yoki b holatlarda turaoladilar.

Ma’lumki kvant mexanikasiga ko‘ra zarra trayektoriyasini aniqlash mumkin emas, faqatgina to‘lqin funksiyasi amplitudasiga ko‘ra zarrachani topish ehtimoliyatini beradi. Agar aynan bir xil a va b zarralar harakatlanib turishsa qaralayotgan vaqtda qaysi birining sohaning qaysi joyida ekanligini aniqlab bo‘lmaydi. Bu zarralarni qayd qiladigan bo‘lsak hisoblagich qaysi birini qayd etayotganligini bilib bo‘lmaydi, faqatgina bularning hisoblagichga kelib tushgan ehtimoliyatini aniqlash mumkin. Shunday qilib, mikroolamda aynan bir xil zarralar holati bu zarralar joyini o‘zaro almashtirish bilan o‘zgarmas ekan.

Kvant nazariyasiga ko'ra n-ta zarralardan iborat sistemaning koordinatalari $r_1 \dots r_n$ va spin proyeksiyalari $m_1 \dots m_n$ bo'lgan to'liq funksiyasi $\Psi_{m_1 \dots m_n}(r_1 \dots r_n)$. Bu sistemadagi ikkita zarra masalan, birinchi va ikkinchilarini o'zaro almashtirsak sistema holati o'zgarmasligi kerak.

$$\Psi_{m_2 m_1 \dots m_n}(r_2 r_1 \dots r_n) = P_{12} \Psi_{m_1 m_2 \dots m_n}(r_1 r_2 \dots r_n) \quad (2)$$

bu yerda P_{12} -almashtiruvchi operator.

Almashtiruvchi operator P_{12} ni ikki marta ko'llab funksiya oldingi holatiga keladi $P_{12}^2=1$, ya'ni $P_{12}=\pm 1$.

Istalgan bir juft zarralar uchun yuqoridagidek mulohaza qilish mumkin. Ikkita bir xil zarralarni o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiya o'zgarmasa zarralarga nisbatan simmetrik, agar o'zgarsa zarralarga nisbatan antisimmetrik.

Ko'rsatish mumkinki, zarralar almashtirishlarga nisbatan u yoki bu simmetriyaga tegishli bo'ladi. Zarralarning almashtirishlarga nisbatan xususiyatini statistika deb ataladi.

Agar zarralar istalgan juftini o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiyasi simmetrik bulsa Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunadilar.

$$\Psi_{m_1 m_2 \dots m_n}(r_1 r_2 \dots r_n) = \Psi_{m_2 m_1 \dots m_n}(r_2 r_1 \dots r_n) \quad (3)$$

Bu zarralarga boze-zarralar yoki bozonlar deyiladi.

Agar zarralar istalgan juftini o'zaro almashtirish bilan to'liq funksiyasi antisimmetrik bo'lsa, Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi.

$$\Psi_{m_1 m_2 \dots m_n}(r_1 r_2 \dots r_n) = -\Psi_{m_2 m_1 \dots m_n}(r_2 r_1 \dots r_n) \quad (4)$$

bu zarralarga fermi zarralari yoki fermionlar deb ataladi.

Fermi-Dirak statistikasidagi zarralar Pauli tamoyiliga bo'ysunadilar. Pauli tamoyiliga ko'ra har qanday yopiq sistemada bir xil xususiyatga ega bo'lgan hatto ikkita fermion joylasholmaydi. Pauli tamoyiliga ko'ra fermion n, l, I, m kvant sonlarining birortasi bilan farqlanishi lozim. Kvant mexanikasidan $\psi^{(1)}$ va $\psi^{(2)}$ holatlardagi ikki xil zarra to'liq funksiyasi $\psi^{(1)}\psi^{(2)}$ teng.

Ikkita fermion zarralar uchun (4) ga ko'ra kupaytma antisimmetrik bo'ladi

$$\Psi_{m_1 m_2}(r_1, r_2) = \Psi_{m_1}^{(1)}(r_1)\Psi_{m_2}^{(2)}(r_2) - \Psi_{m_2}^{(1)}(r_2)\Psi_{m_1}^{(2)}(r_1) \quad (5)$$

Agar $\psi^{(1)}$ va $\psi^{(2)}$ funksiya bir xil bulsa (5) ifoda nol bo'ladi. Pauli tamoyili bajariladi.

Pauli tamoyili olam to'zilishini tushuntirish uchun ko'llaniladi. Elementlar davriy sistemasini, atom yadro, va kristallar strukturasini busiz tushuntirib bo'lmaydi.

(5) ifoda ikkita bozon zarralar uchun simmetrik функция

$$\Psi_{m_1}^{(1)}(r_1)\Psi_{m_2}^{(2)}(r_2) + \Psi_{m_2}^{(1)}(r_2)\Psi_{m_1}^{(2)}(r_1) \quad (6)$$

(6) ifoda bir xil funksiyalar uchun nolga teng bo'lmaydi, ya'ni bir holatda istalgancha bozonlar turaoladi. Bozonlar Pauli tamoyiliga bo'ysinmaydi. Shunday qilib, elementar zarralar, tok yadrolar spinlari yarimli butun $I=1/2, 3/2, 5/2$ bo'lsa fermionlar bo'lib Fermi-Dirak statistikasiga bo'ysunadi. Agar elementar zarralar juft yadrolar spinlari butun $I=0, 1, 2$ bo'lsa bozonlar bo'lib, Boze-Eynshteyn statistikasiga bo'ysunadi.

Sistema bir necha fermion-elementar zarralardan tashqil topgan bo'lsa, bu zarralar sonining tok yoki juftligiga ko'ra Fermi-Dirak yoki Boze-Eynshteyn statistikasiga mansub bo'lishligi mumkin.

Yadro nuklonlari fermion bo'lganligi uchun juft yadrolar (spinlari butun son) bozonlar bo'lib, Boze-Eynshteyn statistikasiga buysunsa, tok yadrolar fermion bo'lib (spinlari $I=1/2-9/2$) Fermi-Dirak statistikasiga buysunadi. Chunki nuklonlar to'lqin funksiyasi har bir juft almashtirishlarga nisbatan antisimmetrik bo'lib, juft sondagi nuklonlar uchun to'lqin funksiyasi ishorasini juft marotaba, tok sondagi nuklonlar uchun esa tok marotaba almashtirish lozim bo'ladi. Natijada juft nuklonlar simmetrik, tok nuklonlar antisimmetrik to'lqin funksiyasiga ega bo'ladilar.

Masalan, alfa-zarra (${}^4_2\alpha$) ikkita proton, ikkita neytrondan tashkil topgan. Ikkita deytondan iborat deyishlik mumkin. Nuklonlarni to'la almashtirish uchun oldin protonlarni keyin neytronlarni xususiy funksiyaning ishorasini ikki marta almashtirish kerak, natijasida isharasi o'zgarmay qoladi.

SAVOLLAR:

1. Juftlik nima? Qaysi ta'sirlashuvlarda saqlanadi?
2. Ichki juftlik nima, qaysi zarralar uchun qo'llaniladi?
3. Sistema juftligi qanday aniqlanadi?
4. Foton yoki massasiz relyativistik zarralar ichki juftlik qanday aniqlanadi?
5. Statistika nima? Nechta statistika mavjud? Bir-birlaridan farqi.
6. Pauli tamoyili va ko'llanilishi.

ADABIYOTLAR:

1. T.M.Muminov, A.Xoliqulov, Sh.Xushmurodov. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. T.: 2009 y.
2. Р.Б.Бекжонов. Атом ядроси ва элементар зарралар физикаси. Т.: 1995. 71-74, 485-484 б.
3. К.Т.Тешабоев. Ядро ва элементар зарралар физикаси. Т.: 1992. 37-38 бетлар.
4. К.Н.Мухин. Экспериментальная ядерная физика. М.: 1974. 98-105 бетлар.
5. Ю.М.Широков, Н.Б.Юдин. Ядерная физика. М.1980., 70-78 бет.
6. А.И.Наумов. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: 1984. 102-110 б.
7. А.К.Вальтер, И.И.Залюбовский. Ядерная физика. Харьков, 1974, 126-128 бетлар.
8. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Т.2. М.: 1989., 52-58 бетлар

AMALIY MASHG'ULOTLAR (ISHLANMA)

1. $^{238}_{92}\text{U}$ uran yadrosining radiusi vodorod atomi yadrosining radiusidan necha marta uzun?
2. Yadro moddasining zichligini toping. Massa soni A bulgan yadrodagi nuksonlar(neytronlar va protonlar)ning xammasi uning radiusi chegarasida zich joylashgan deb hisoblang.
3. Kuyoshning radiusi 6,95 Mm, o'rtacha zichligi esa 1410 kg/m^3 . Quyosh shunday massa bilan yadro moddasi zichligiga teng zichlikka ega bo'lganda uning radiusi qanday bular edi?
4. Namuna (preparatda) yarim parchalanish davri T bulgan 1000 ta radiaktiv atom bor. T/2 vaqtdan keyin qancha atom qoladi.
5. $^{222}_{86}\text{Rn}$ radioaktiv radon namunasida (preparatida) yarim parchalanish davri 3,825 sutka bo'lgan 10^{10} ta radioaktiv atom bor. Bir sutka mobaynida qancha atom parchalanadi?
6. $^{226}_{88}\text{Ra}$ radiy uchun yarim parchalanish davrini aniqlang. 3100 yil ichida boshlangich paytdagi atomlarning qancha qismi parchalanadi?
7. Agar radioaktiv parchalanish maxsulotlari tuxtovsiz olib ketib turilsa, qancha vaqt ichida $^{210}_{84}\text{Po}$ poloniy preparatidagi atomlarning 75,0% i yemirilib bo'ladi?
8. Agar $^{210}_{84}\text{Po}$ poloniyning boshlangich paytdagi massasi 0,2 g bo'lsa uning 2 mg massasi qancha vaqt ichida parchalanib bo'ladi?
9. Agar massasi 1,0 g bo'lgan $^{210}_{83}\text{Bi}$ vismut 1 s da $4,58 \cdot 10^{15}$ ta β -zarracha chiqarib turishi ma'lum bo'lsa, vismutning yarim parchalanish davrini toping.
10. Agar $^{192}_{77}\text{Ir}$ iridiyning radioaktiv izotopi boshlangich paytda 5,0g massaga ega bulsa, 1 s ichida qancha yadro parchalanadi va 30,0 sutkadan keyin qancha atom qoladi?
11. Massasi 1 g bo'lgan $^{232}_{90}\text{Th}$ toriy 1 s ichida qancha α -zarracha chiqaradi?
12. $3,7 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$ aktivlikka ega bulgan radioaktiv preparat issiklik sigimi 4,19 J/K bulgan kalorimetrga solindi. Agar mazkur preparat 5.3 MeV α -zarrachalar chiqarayotgan bo'lsa, kalometr ichidagi harorat 1soat ichida qanchaga kutariladi?
13. 1,0 kg massali $^{238}_{92}\text{U}$ uran bo'lagida 1 s ichida kancha yadro parchalanadi? Bu uranning aktivligi qanday?
14. $^{14}_7\text{N}$ azot yadrosini α -zarrachalar bilan bombardimon qilganda atom yadrosi α -zarrachani tutib qolishi mumkin. Bunda bir lahzaga ftorning uta noturg'un yadrosi hosil bo'lib, u shu zaxoti parchalanadi va turgun kislorod yadrosiga aylanadi. Mazkur yadro reaksiyasi birinchi bo'lib, 1919 yilda Rezerford tomonidan amalga oshirilgan. Reaksiya tenglamasini yozing va bu reaksiya paytida energiya ajralishi yoki yutilishini aniqlang. Reaksiya natijasida ajralgan yoki yutilgan energiyani toping.
15. $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow (^{13}_6\text{C}) \rightarrow 3^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$. Yadro reaksiyasida yutiladigan energiyani toping.
16. ^9_4Be berilliy yadrosi deytronni yutib, $^{10}_5\text{B}$ bor yadrosiga aylandi. Reaksiya tenglamasini yozib va ajralib chikkan energiyani toping.
17. $^{10}_5\text{B}$ bor atomi yadrolarini ^2_1H og'ir vodorod yadrolari bilan bombardimon qilinganda
$$^{10}_5\text{B} + ^2_1\text{H} \rightarrow (^{12}_6\text{C}) \rightarrow 3^4_2\text{He}$$
yadro reaksiyasi sodir bo'ladi. Mazkur aylanishda ajralib chiqadigan energiyani aniqlang.
18. ^7_3Li litiy yadrosi protonni yutib, ikkita α -zarrachaga bo'linadi. Yadro reaksiyasi tenglamasini yozing va bu reaksiya paytida ajraladigan energiyani toping.
19. ^7_3Li litiy atomlari kinetik energiyasi 1 MeV bo'lgan protonlar bilan bombardimon qilinmoqda. Bunda hosil bo'lgan ikkita α -zarracha bir xil tezlik bilan uchib chiqadi. Bu zarrachalarning kinetik energiyasini toping.

20. Impulslari $1,0 \text{ GeV}/c$ va $10 \text{ GeV}/c$ (c-yoruglik tezligi) bo'lgan protonlarning kinetik energiyalarini toping

21. Foton erkin elektron bilan tuqnashganda elektronga uz energiyasining hammasini bera olmasligini isbot qiling.

22. Kinetik energiyasi $E_k = m_0 c^2$ bulgan relyativistik zarracha kuzgazmas sanoq sistemasiga nisbatan tinch turgan xuddi shunday zarracha bilan noelastik tuqnashishi natijasida yangi murakkab zarracha hosil bo'ldi. Shu murakkab zarrachaning tinchlikdagi massasi m_0 ni toping .

23. μ^- -myuon tinch turgan elektron bilan ruparama-rupara elastik tuqnashdi. Agar tuqnashishgacha μ^- - myuonning kinetik energiyasi $E_k = 100 \text{ MeV}$ bo'lsa, tepkili elektronning kinetik energiyasini toping.

LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI (O'QUV USLUBIY QO'LLANMA)

MUSTAQIL ISH MAVZULARI

Laboratoriya seminar va amaliy mashg'ulotlarga nazariy tayyorgarlik ko'rish.

1. Adronlar
2. Beta-parchalanish nazariyasi.
3. Buyuk birlashuv nazariyasi
4. CHerenkov nurlanishi.
5. Elementar zarralar klassifikatsiyasi
6. Elementar zarralar kvark tuzilishi
7. Fermionlar va bozonlar
8. Feynman diagrammalari
9. Feynman diagrammalari.
10. Fotoyadro va elektroyadro reaksiyalari.
11. Fundamental o'zarota'sirlar.
12. Gamma-nurlanishlarning modda orqali o'tishi.
13. Metastabil va izomer yadrolar
14. Myossbauer effekti.
15. Neytronlar ta'sirida yadro reaksiyalari.
16. Nuklonlar tuzilishi
17. Nuklon-nuklon o'zaro ta'sirlar. Deytron. Neytronlarning protonlardan sochilishi.
18. Nurlanishlarning biologik ta'siri va undan saqlanish.
19. Radioaktivlikning meditsinada qo'llanilishi
20. Radioaktivlikning xalq xo'jaligida qo'llanilishi
21. Yadro massasini o'lchash usullari.
22. Yadro radiusini ol'chash usullari.
23. Yadro reaksiyalari effektiv kesimi.
24. Yadro spini va magnit momenti.
25. Yadroviy kuchlar nazariyasi.

MUSTAQIL ISH ISHLANMALARI

1. Yadro spini va magnit momenti.

- Kirish.
- Yadro spinini aniqlash.
- Yadro magnit momentini aniqlash.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

2. Yadro radiusini ol'chash usullari.

- Kirish.
- Tez elektronlarning yadroda sochilishi yordamida o'lchash.
- Mezatomlar rentgen nurlanishini o'rganish yordamida o'lchash.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

3. Yadro massasini o'lchash usullari.

- Kirish.
- Mass-spektrometrlar ishlash printsiplari.
- Yadro massasini o'lchashda dubletlar usuli.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

4. Yadroviy kuchlar nazariyasi.

- Kirish.
- Yadro kuchlari tabiati.
- Yadro kuchlari xususiyatlari.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

5. Radioaktivlikning xalq xo'jaligida qo'llanilishi

- Kirish.
- Mass-spektrometrlar ishlash printsiplari.
- Yadro massasini o'lchashda dubletlar usuli.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

6. Myossbauer effekti.

- Kirish.
- Gamma spektrometrlar ishlash printsiplari.
- Myossbauer effekti.
- Myossbauer effekti natijalari va tahlili.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

7. Fotoyadro va elektroyadro reaksiyalari.

- Kirish.
- Yadroviy reaksiyalar.
- Fotoyadroviy reaksiyalar.
- Elektroyadroviy reaksiyalar.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

8. Alfa-parchalanish nazariyasi.

- Kirish.
- Geyger-Nettol qonuni.
- Radioaktiv oilalar.
- Tunnel effekti.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

9. Beta-parchalanish nazariyasi.

- Kirish.
- Beta parchalanishda saqlanish qonunlari.
- Beta-o'tish ehtimoliyati.
- Fermi nazariyasi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

10. Neytronlar ta'sirida yadro reaksiyalari.

- Kirish.
- Neytron zarrasi xarakteristiklari.
- Neytronlar ta'sirida reaksiyalar.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

11. Gamma-nurlanishlarning modda orqali o'tishi.

- Kirish.
- Gamma nurlanish.
- Fotoeffekt.
- Kompton effekti.
- Elektron pozitron juftlar.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

12. Vavilov-CHerenkov nurlanishi.

- Kirish.

- Vavilov-CHerenkov nurlanishi tavsifi.
- Vavilov-CHerenkov nurlanishining qo'llanilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

13. Nurlanishlarning biologik ta'siri va undan saqlanish.

- Kirish.
- Dozimetriya asoslari.
- Nurlanishlarning biologik ta'siri.
- Nurlanishlardan himoyalaniş.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

14. Metastabil va izomer yadrolar

- Kirish.
- Yadro holatlari xarakteristikallari.
- Yadrolarning metastabil va izomer yadrolari.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

15. Yadro reaksiyalari effektiv kesimi.

- Kirish.
- Yadroviy reaksiyalar turlari.
- Yadroviy reaksiyalar effektiv kesimi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

16. Fundamental o'zaro ta'sirlar.

- Kirish.
- Fundamental o'zaro ta'sirlar.
- Kuchli o'zaro ta'sir.
- Kuchsiz o'zaro ta'sir.
- Elektromagnit o'zaro ta'sir.
- Gravitatsion o'zaro ta'sir.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

17. Elementar zarralar kvark tuzilishi

- Kirish.
- Nuklonlarda zaryad va massa taqsimoti.
- Nuklonlarning kvark tuzilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

18. Adronlar

- Kirish.
- Adronlar tabiati.
- Adronlar xususiyatlari.
- Adronlarning kvark tuzilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

19. Nuklonlar tuzilishi

- Kirish.
- Nuklonlarda zaryad va massa taqsimoti.
- Nuklonlarning kvark tuzilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

20. Fermionlar va bozonlar

- Kirish.
- Fermionlar.
- Bozonlar.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

21. Radioaktivlikning meditsinada qo'llanilishi

- Kirish.
- Radioaktivlikning kashf etilishi.
- Radioaktiv elementlar va moddalar.
- Radioaktivlikning meditsinada qo'llanilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

22. Elementar zarralar klassifikatsiyasi

- Kirish.
- Elementar zarralar.
- Elementar zarralar sinflari.
- Elementar zarralar ranglari.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

23. Nuklon-nuklon o'zaro ta'sirlar.

- Kirish.
- Nuklon-nuklon o'zaro ta'sirlar.
- Deytron.

- Neytronlarning protonlardan sochilishi.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

24. Feynman diagrammalari.

- Kirish.
- Elementar zarralar o'zarota'siri.
- Feynman diagrammalari.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

25. Buyuk birlashuv nazariyasi.

- Kirish.
- Kuchli o'zarota'sir.
- Elektromagnit o'zarota'sir.
- Kuchsiz o'zarota'sir.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

26. Yadro nurlanishlarining modda bilan zaro ta'siri.

- Kirish.
- Energiyaning ionizatsiya va atomlarni y'otishga sarf blishi.
- Neytronlarning modda bilan zaro ta'siri.
- Gamma-nurlanishlarning modda or=ali tishi.
- Nurlanishlarning biologik ta'siri va undan sa=lanish.
- Xulosa.
- Adabiyotlar.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

Asosiy adabiyotlar

1. K.N.Muxin. "Eksperimentalnaya yadernaya fizika". t. I i II, "Atomizdat", Moskva, 1974.
2. Yu. M. Shirokov, N. P. Yudin. "Yadernaya fizika", Nauka, Moskva, 1972.
3. Naumov A. I. Fizika atomnogo yadra i elementarnx chastits. M.: 1983 g.
4. K.T.Teshaboyev. Yadro va elementar zarralar fizikasi. O'qit. , T. , 1992.
5. Valter A.N., I.I. Zalyubovskiy. Yadernaya fizika. Xarkov, Vissh shkola, 1974
6. Bekjonov R.B. Atom yadrosi va zarralar fizikasi.Toshkent,O'qituvchi,1995.

Qo'shimcha:

8. Valter A.N., I.I. Zalyubovskiy. Yadernaya fizika. Xarkov, Visha shkola, 1974
9. Ιάσινα Α.Ε. Όερεέα αοιιίαι γὰδ è γεαίαιαοαδιò ÷αηòεò. Ιδιηαοαίεα, Ι. 1984 (ó÷. Ιιη)
10. Νεαοòει Ε.Α. Ιαοεε εοòη όερεεε. Αοιιίαι è γααδιαι όερεεεα. ÷.2. ó÷. ιιη., Ιαοεεα, Ι. 1988
11. Όδαογίοαεααò Α., Όαίεε Υ. Νοααοιιηαι όερεεεα Ι. Ιεò, 1979.
12. Όαδιε Υ. Βααδιαι όερεεεα Εç-αι, Εί.Εεò. Ι. 1951.
13. Αçeιia Ν.Α. , Αααοααίεα Α. Υεαίαιαò çαòðαεαò όερεεεαηε. Û=εòοα÷ε, Όιοεαίò 1986.
14. Αείçαòðα Α.Ι., Εααει Ε.Ι., Ðααεεία÷ Ι. Ν. Νεαοòει Α.Α. Ναίδιεε çααα÷ ιι ίαοαίο εοòηò όερεεε: Αοιιίαι όερεεεα, Όερεεεα γαòι è γεαίαιαοαδιò ÷αηòεò., ó÷. ιιη. , Ιαοεεα, Ι. 1981.
15. Εòιαíα Ε. Α. Ναίδιεε çααα÷ ιι αοιιίιε è γααδιε όερεεεα. ó÷.ιιη. Αòιιεçαò. Ι. 1971.
16. Ααεçαíia Ð.Α., Ααεαíυηεε Α.Ι. Βααδιαι όερεεεα á çααα÷αò è ιòεαòðαò ó÷.άα. ιιη. Û=εòοα÷ε, Όιοεαίò 1988.
17. Polynov S.R., Kanokov Z., Karaxodjayev A.K., Ruzimov Sh. Yadro fizikasidan masalalar to'plami. T.,O'zMU, 2006

