

S. Polvonov, E. Bozorov, Z. Kanokov

ATOM YADROSI VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI



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

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI O'ZBEKISTON
MILLIY UNIVERSITETI**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
YADRO FIZIKASI INSTITUTI**

POLVONOV Satimboy Rajapovich
BOZOROV Erkin Xojiyevich
KANOKOV Zakirjon

ATOM YADROSI VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan Oliy
o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

**Toshkent
«GO TO PRINT»
2020**

UO'K: 539.1(075)

KBK 22.383ya7

P 63

S.R. Polvonov, E.X. Bozorov, Z. Kanokov. Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi. O'quv qo'llanma –T.: «Go To Print»,2020, 208 bet.

O'quv qo'llanmada atom yadrosining asosiy xususiyatlari, yadro kuchlari, yadro modellari, radioaktiv parchalanishning asosiy qonunlari, yadro reaksiyalari, yadro nurlanishlarning modda bilan o'zaro ta'siri, elementar zarralar klassifikatsiyasi, elementar zarralar va saqlanish qonunlari bayon etilgan.

Ushbu o'quv qo'llanma atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi sohasidagi mutaxassislar, doktorantlar hamda oliy o'quv yurtlari bakalavrlari va magistrantlari uchun mo'ljallangan.

«Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi» fanidan ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarni o'tkazish, mazkur mashg'ulotlarda topshiriqlarni bajarishga doir o'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim Vazirligi tomonidan tasdiqlangan o'quv rejasiga binoan tayyorlangan.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2018-yil 27-martdagi 274-sonli buyrug'iga asosan, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan litsenziya berilgan nashriyotlarga nashr qilishga ruxsat berildi.

Ro'yxatga olish raqami 274-318

UO'K: 539.1(075)

KBK 22.383ya7

Taqrizchilar: O'zMU fizika fakulteti "Yadro fizikasi" kafedrası professori, O'zRFA akademigi

T.M. Mo'minov

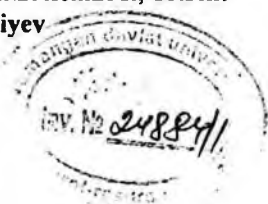
O'zRFA akad. "Fizika-Quyosh" ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi "Yuqori energiyalar fizikasi" laboratoriyasi bosh ilmiy xodimi, fizika – matematika fanlari doktori, professor

S.L. Lutpullayev

Tosh PTI "Tibbiy va biologik fizikasi, informatika va informatsion texnologiyalar" kafedrası mudiri, fizika – matematika fanlari nomzodi, dotsent

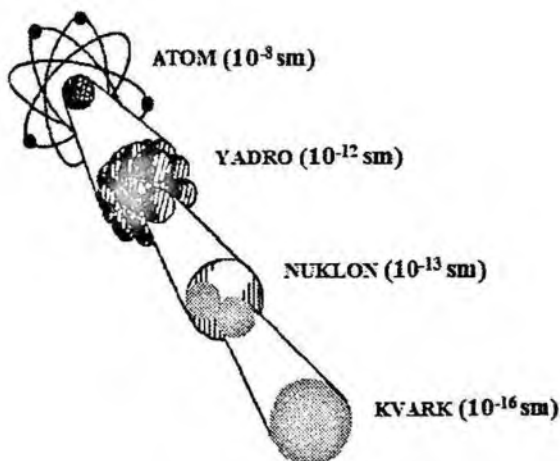
D.A. Qarshiyev

ISBN 978-9943-6882-8-5



KIRISH

Yadro fizikasi, bu zamonaviy fizikaning eng yirik bo'limlaridan biri bo'lib, u atom yadrosining tuzilishi va xususiyatlarini, zarralar xususiyatlari va o'zaro aylanishlarini o'rganuvchi fandır. Yadro fizikasi, zamonaviy yadro energetikasi va yadro texnologiyalarining ilmiy negizi hisoblanadi. Yadro fizikasi, fan va texnikaning ko'pgina tarmoqlarida keng qo'llanilmoqda. Keyingi vaqtlarda yadro fizikasi, tibbiyotning turli sohalarida qo'llanishi juda jadallashib ketdi desak mubolag'a bo'lmaydi. Buning natijasida yadro tibbiyoti deb nomlangan yangi yo'nalish va fan vujudga keldi. Ionlovchi nurlanishlar manbai va radioaktiv indikatorlar metodlari qo'llanilmagan ilmiy izlanishlar yoki ishlab chiqarishlar sohalarini topish qiyindir. Bu metodlar qo'llanilib amalga oshirish uchun mo'ljallangan muammolar soni doimo oshib bormoqda. Bundan tashqari, yadro fizikasi arxeologiya, geologiya va boshqa sohalarida ham qo'llanilib kelmoqda.



Yadro fizikasi o'rganadigan obyektlar.

Yadro fizikasida juda ham kichik masofadagi va bitta zarraga to'g'ri keluvchi juda katta energiyalardagi hodisalar va jarayonlar o'rganiladi. Yadro fizikasi o'rganadigan obyektlar va o'lchamlar rasmda keltirilgan. Bu atom yadrosi va elementar zarralar, ya'ni atomga nisbatan ham kichik obyektlardir. Yadro fizikasi o'rganadigan hodisalar yuz beradigan masofaning eng yuqori chegarasi bu atom o'lchami, ya'ni 10^{-8} sm.

Alohida mikrozarralar energiyasining eng pastki chegarasi bu atomdagi elektronning bog'lanish energiyasidir. Bu ma'noda yadro fizikasi subatom hodisalar fizikasi hisoblanadi.

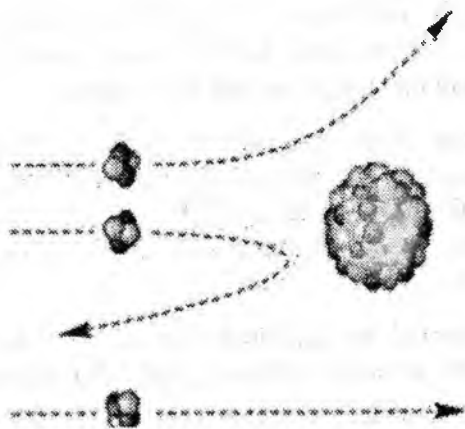
Mazkur o'quv qo'llanmada atom yadrosi va elementar zarralar fizikasining quyidagi bo'limlari bayon qilinadi: atom yadrosining asosiy xususiyatlari, yadro kuchlari, yadro modellari, radioaktivlik, yadro reaksiyalari, yadro nurlanishlarining modda bilan o'zaro ta'siri, elementar zarralar. Ushbu bo'limlar orqali atom yadrosining xususiyatlari, tuzilishi, yadro reaksiyalari, alfa va beta – parchalanishlar, gamma-nurlanishlar, atom yadrolarning o'zaro aylanishlari yoritilgan.

I BOB

ATOM YADROSINING ASOSIY XUSUSIYATLARI

1.1-§. Yadro tarkibi. Elektr va barion zaryad

Ingliz fizigi Ernest Rezerford va uning shogirdlari atom tuzilishini o'rganish maqsadida turli element atomlarini o'sha vaqtda eng kuchli va eng tez uchar atom snaryadlari bo'lgan alfa-zarralar bilan bombardimon qildilar. Alfa zarralarning oltin folgada sochilishiga qarab, E. Rezerford atom markazida massasi katta bo'lgan yadro borligini aniqlaydi, ya'ni u ayrim zarralarning katta burchaklarga sochilishini kuzatadi. Demak, zarralar o'z yo'lida o'z massasidan ham katta bo'lgan zarra bilan to'qnashadi va o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Ushbu zarrani E. Rezerford atom yadrosi deb nom berdi va tajriba natijalarini E. Rezerford 1911-yilda e'lon qildi.



1.1-rasm. Alfa-zarralarning yadrolarda sochilishi.

1932-yili rus fiziklari D.D. Ivanenko va Y.D. Gapon birinchi bo'lib barcha elementlarning atom yadrolari neytron va protonlardan iborat degan fikrni aytganlar. Nemis fizigi V. Geyzenberg bu gipotezani nazariy jihatdan isbotlab berdi. Proton va neytronning massalari bir-biriga yaqin bo'lib, elektron massasidan taxminan 2000 marta katta, ya'ni $M_p=1836,15m_e$, $M_n=1838,68m_e$. Proton musbat zaryadlangan zarracha va uning absolyut qiymati elektron zaryadiga teng. Neytron esa elektr zaryadi yo'q zarrachadir. Atom yadrosining tarkibiga kirgan bu zarralarni *nuklonlar* degan umumiy nomda ham yuritiladi. Nuklon so'zi lotincha bo'lib, u *yadro* degan ma'noni bildiradi.

Proton va neytronlarni atom yadrosida ushlab turadigan kuchga yadro kuchi deyiladi.

Yadrodagi protonlar soni Z elementning tartib nomeriga, proton va neytronlarning umumiy soni esa massa soniga teng:

$$A=Z+N \quad (1.1)$$

bunda, A – massa soni, Z – protonlar soni, N – neytronlar soni. Turli yadrolarni belgilashda odatda ${}_Z^AX$ ko'rinishdagi belgilashlardan foydalaniladi. Bunda tartib nomeri Z bo'lgan kimyoviy elementning simboli. Masalan, ${}_4^9Be$ ifoda $Z=4$ va $A=9$ ya'ni 4 ta proton va 5 ta neytrondan iborat bo'lgan berilliy atom yadrosini belgisidir. Yadrolarni ayrim hollarda *nuklidlar* ham deyiladi.

Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, tabiatda bitta elementning massasi turlicha bo'lgan atomlari mavjud bo'lishi mumkin ekan. Masalan, xlorning massasi 35 va 37 bo'lgan atomlari uchraydi. Bu atomlarning yadrolarida protonlar soni bir xil, lekin neytronlarning soni turlicha bo'ladi.

Protonlar soni Z bir xil, biroq massa sonlari turlicha, ya'ni N neytronlari soni turlicha bo'lgan yadrolarga *izotoplar* deyiladi. Masalan, vodorod uchta izotopga ega, ya'ni ${}_1^1H$, ${}_1^2H$ va ${}_1^3H$.

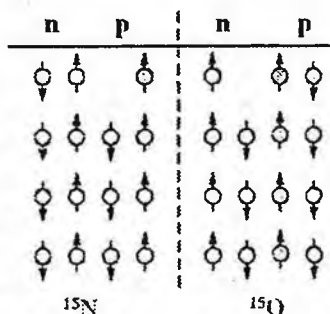
Massa sonlari bir xil bo'lib, protonlar soni har xil bo'lgan yadrolarga *izobar yadrolar* deyiladi. Masalan ${}_6^{11}C$ va ${}_5^{11}B$.

Agar neytronlar soni, ya'ni N bir xil bo'lsa, bunday yadrolarga **izotonlar** yoki **izoton yadrolar** deyiladi. Masalan $^{19}_{10}\text{Ne}_9$ va $^{18}_9\text{F}_9$. Bu yadrolar 1.2-rasmdagi diagrammada yaqqol ko'rinadi.

Z	N - стабил(turg'un) nuklidlar							¹⁸ Ne	¹⁹ Ne	²⁰ Ne	²¹ Ne	²² Ne	²³ Ne	²⁴ Ne	
9								¹⁷ F	¹⁸ F	¹⁹ F	²⁰ F	²¹ F			
8	Izobarlar (A = const)							¹⁴ O	¹⁵ O	¹⁶ O	¹⁷ O	¹⁸ O	¹⁹ O		
7								¹² N	¹³ N	¹⁴ N	¹⁵ N	¹⁶ N	¹⁷ N		
6				⁹ C	¹⁰ C	¹¹ C	¹² C	¹³ C	¹⁴ C	¹⁵ C					
5				⁸ B	⁹ B	¹⁰ B	¹¹ B	¹² B	¹³ B		Izotonlar (N = const)				
4			⁶ Be	⁷ Be	⁸ Be	⁹ Be	¹⁰ Be								
3			⁵ Li	⁶ Li	⁷ Li	⁸ Li		Izotoplar (Z = const)							
2		³ He	⁴ He												
1	¹ H	² H	³ H				⁹ C - nostabil nuklidlar								
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

1.2-rasm. Yengil yadrolar nuklidlari misolida tuzilgan proton-neytron diagrammasi.

Agar yadrodagi hamma neytronlarni protonlarga almashtirilsa, va hamma protonlarni neytronlarga almashtirilsa, u holda "ko'zgu" yadrolar hosil bo'ladi. Masalan $^{15}_7\text{N}$ yadro $^{15}_8\text{O}$ yadrosiga nisbatan "ko'zgu" yadro bo'lib qoladi (1.3-rasm). Asosiy holatdagi "ko'zgu" yadrolarning energiyalari Kulon o'zaro ta'sir energiyasi bilan farq qiladi.



1.3-rasm. Ko'zgu yadrolar.

1932-yili rus fiziklari D.D. Ivanenko va Y.D. Gapon birinchi bo'lib barcha elementlarning atom yadrolari neytron va protonlardan iborat degan fikrni aytganlar. Nemis fizigi V. Geyzenberg bu gipotezani nazariy jihatdan isbotlab berdi. Proton va neytronning massalari bir-biriga yaqin bo'lib, elektron massasidan taxminan 2000 marta katta, ya'ni $M_p=1836,15m_e$, $M_n=1838,68m_e$. Proton musbat zaryadlangan zarracha va uning absolyut qiymati elektron zaryadiga teng. Neytron esa elektr zaryadi yo'q zarrachadir. Atom yadrosining tarkibiga kirgan bu zarralarni *nuklonlar* degan umumiy nomda ham yuritiladi. Nuklon so'zi lotincha bo'lib, u *yadro* degan ma'noni bildiradi.

Proton va neytronlarni atom yadrosida ushlab turadigan kuchga *yadro kuchi* deyiladi.

Yadrodagi protonlar soni Z elementning tartib nomeriga, proton va neytronlarning umumiy soni esa massa soniga teng:

$$A=Z+N \quad (1.1)$$

bunda, A – massa soni, Z – protonlar soni, N – neytronlar soni. Turli yadrolarni belgilashda odatda ${}_Z^AX$ ko'rinishdagi belgilashlardan foydalaniladi. Bunda tartib nomeri Z bo'lgan kimyoviy elementning simvoli. Masalan, ${}_4^9Be$ ifoda $Z=4$ va $A=9$ ya'ni 4 ta proton va 5 ta neytrondan iborat bo'lgan berilliy atom yadrosini belgisidir. Yadrolarni ayrim hollarda *nuklidlar* ham deyiladi.

Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, tabiatda bitta elementning massasi turlicha bo'lgan atomlari mavjud bo'lishi mumkin ekan. Masalan, xlorning massasi 35 va 37 bo'lgan atomlari uchraydi. Bu atomlarning yadrolarida protonlar soni bir xil, lekin neytronlarning soni turlicha bo'ladi.

Protonlar soni Z bir xil, biroq massa sonlari turlicha, ya'ni N neytronlari soni turlicha bo'lgan yadrolarga *izotoplar* deyiladi. Masalan, vodorod uchta izotopga ega, ya'ni ${}_1^1H$, ${}_1^2H$ va ${}_1^3H$.

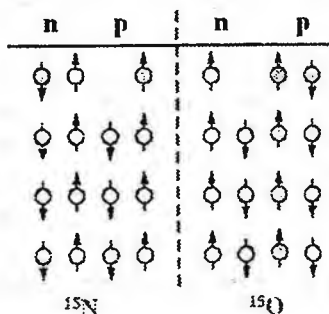
Massa sonlari bir xil bo'lib, protonlar soni har xil bo'lgan yadrolarga *izobar yadrolar* deyiladi. Masalan ${}_6^{11}C$ va ${}_5^{11}B$.

Agar neytronlar soni, ya'ni N bir xil bo'lsa, bunday yadrolarga **izotonlar** yoki **izoton yadrolar** deyiladi. Masalan $^{19}_{10}\text{Ne}$ va $^{18}_9\text{F}$. Bu yadrolar 1.2-rasmdagi diagrammada yaqqol ko'rinadi.

Z	^1N - стабил(turg'un) nuklidlar							^{18}Ne	^{19}Ne	^{20}Ne	^{21}Ne	^{22}Ne	^{23}Ne	^{24}Ne	
9								^{17}F	^{18}F	^{19}F	^{20}F	^{21}F			
8	Izobarlar ($A = \text{const}$)						^{14}O	^{15}O	^{16}O	^{17}O	^{18}O	^{19}O			
7							^{12}N	^{13}N	^{14}N	^{15}N	^{16}N	^{17}N			
6				^9C	^{10}C	^{11}C	^{12}C	^{13}C	^{14}C	^{15}C					
5				^8B	^9B	^{10}B	^{11}B	^{12}B	^{13}B		Izotonlar ($N = \text{const}$)				
4			^6Be	^7Be	^8Be	^9Be	^{10}Be								
3			^3Li	^6Li	^7Li	^8Li		Izotoplar ($Z = \text{const}$)							
2		^3He	^4He												
1	^1H	^2H	^3H			^9C - nostabil nuklidlar									
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

1.2-rasm. Yengil yadrolar nuklidlari misolida tuzilgan proton-neutron diagrammasi.

Agar yadrodagi hamma neytronlarni protonlarga almashtirilsa, va hamma protonlarni neytronlarga almashtirilsa, u holda "ko'zgu" yadrolar hosil bo'ladi. Masalan $^{15}_7\text{N}$ yadro $^{15}_8\text{O}$ yadrosiga nisbatan "ko'zgu" yadro bo'lib qoladi (1.3-rasm). Asosiy holatdagi "ko'zgu" yadrolarning energiyalari Kulon o'zaro ta'sir energiyasi bilan farq qiladi.

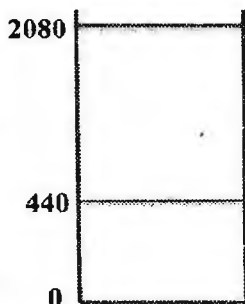


1.3-rasm. Ko'zgu yadrolar.

“Ko‘zgu” yadrolarga quyidagi yadrolarni misol qilib keltirish mumkin: ${}^3_1\text{H}$ - ${}^3_2\text{He}$, ${}^7_4\text{Be}$ - ${}^7_3\text{Be}$ va h.k. Hamma vaqt “ko‘zgu” yadrolardan biri radioaktiv bo‘ladi.

Bir xil massa sonlariga ega bo‘lib, bir-biridan radioaktivlik xususiyatlari bilan farq qiluvchi yadrolarga *izomer yadrolar* deyiladi. Izomerlar bu bir turdagi, ammo turli energetik holatlarda bo‘lgan yadrolardir. Ayrim hollarda yadroning uzoq yashovchi uyg‘ongan holatiga *izomer holat* deb ham ta’rif beriladi.

Atom yadrosida mikrodunyoga xos bo‘lgan kvant qonuniyatlar yaqqol namoyon bo‘ladi. Yadro ham atom kabi diskret energetik sathlarga ega bo‘ladi. Demak, diskret energetik spektrga ega. Yadroning energetik sathlarini rasmdagi ko‘rinishda tasvirlash qabul qilingan. Ushbu rasmda natriy atom yadrosining quyi energetik sathlari misol sifatida keltirilgan. Bu yerda har bir gorizontaal chiziq ma’lum



bir energetik sathga mos kelib, ularning asosiy holatdan boshlab hisoblangan energiyasi chap tamonda (energiya keV larda) keltirilgan. Eng pastki chiziq asosiy holatga mos keladi. Ushbu rasmdan ko‘rinadiki, natriy yadrosini birinchi uyg‘ongan holatga o‘tkazish (uyg‘otish) uchun kamida 440 keV energiya zarur bo‘ladi. Haqiqatdan ham agar natriy nishonini alfa-zarralar bilan bombardimon qilinsa, 440 keV energiyadan kichik qiymatlarda α zarralar bilan yadro orasida elastik to‘qnashish sodir bo‘ladi. Agar α zarralar energiyasi 440 keV dan katta bo‘lsa, to‘qnashish noelastik bo‘ladi va yadro birinchi uyg‘ongan sathga o‘tadi. Hamma o‘rta va og‘ir yadrolar uchun eng pastki energetik sath bilan asosiy holat orasidagi interval bir necha o‘nlab (ba’zan yuz) keV larni tashkil qiladi. Yengil yadrolar uchun sathlar orasidagi o‘rtacha interval yanada kattalashib, u megaelektronlarni tashkil qiladi.

1.2-§. Yadroning massasi va bog‘lanish energiyasi

Yadro massasi uning eng muhim xarakteristikalaridan biridir. Tarkibi (A, Z) bo‘lgan yadro massasi $M(A, Z)$ bilan, unga mos kelgan

atom massasi esa M_{at} bilan belgilanadi. Yadro fizikasida, atom fizikasidagi kabi massa o'lchash uchun massa atom birligi (m.a.b.) keng qo'llaniladi:

$$1 \text{ m.a.b.} = \frac{1}{12} M(^{12}_6\text{C})$$

$$1 \text{ m.a.b.} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}, \quad (1.2)$$

Bu birlik shuning uchun ham qulayki, uning kattaligi nuklon massasiga yaqindir:

protonning tinchlikdagi massasi:

$$m_p = 1,0073 \text{ m.a.b.} = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg},$$

neytronning tinchlikdagi massasi:

$$m_n = 1,0087 \text{ m.a.b.} = 1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg},$$

Har qanday jism massasi va uning to'liq energiyasi orasidagi bog'lanish quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$W = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (1.3)$$

bu yerda, $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$ – yorug'lik tezligi,

m – relyativistik massa,

m_0 – tinchlikdagi massa.

Bu Eynshteynning mashhur munosabati massa va energiya orasidagi aloqani ifodalaydi. Bunga asosan yadro fizikasida energiyani o'lchagani kabi, massani o'lchashda ham elektronvolt (eV) energiya o'lchov birligidan foydalaniladi:

$$1 \text{ keV (kiloelektronvolt)} = 10^3 \text{ eV}$$

$$1 \text{ MeV (megaelektronvolt)} = 10^6 \text{ eV}$$

$$1 \text{ GeV (gigaelektronvolt)} = 10^9 \text{ eV}.$$

Eslatib o'tamiz, 1eV deb, zaryadi e elementar zaryadga teng bo'lgan zarra 1 V potentsiallar farqini o'tganda ega bo'ladigan energiyaga aytiladi.

1 m.a.b. va 1 eV lar orasidagi aloqani tiklaymiz. (1.3) formuladan:

$$1 \text{ m.a.b.} = 1,6605 \times 10^{-27} \times (2,998 \times 10^8)^2 = 1,492 \times 10^{-10} \text{ J},$$

ta'rifdan elektronvolt:

$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

Shunday qilib, oxirgi munosabatdan

$$1 \text{ m.a.b.} = \frac{1,492 \times 10^{-10}}{1,602 \times 10^{-19}} = 931,5 \times 10^6 \text{ eV} = 931,5 \text{ MeV},$$

Bunga asosan

$$m_p = 1,0073 \text{ m.a.b.} = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg} = 938,2 \text{ MeV},$$

$$m_n = 1,0087 \text{ m.a.b.} = 1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg} = 939,5 \text{ MeV}.$$

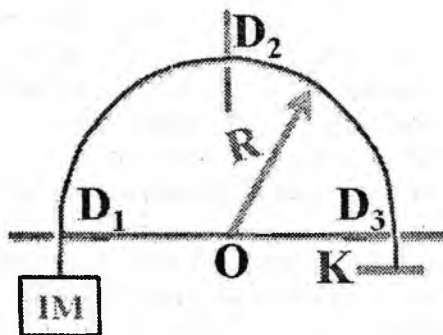
Yadro fizikasida odatda yadro massasidan emas, balki atom massasidan foydalaniladi. Bunga sabab, yengil elementlarni hisobga olmaganda, yadro massasini u bilan bog'liq bo'lgan elektronlarsiz bevosita o'lchab bo'lmasligidir. Neytral atom massasi, massani zamonaviy o'lchash metodlarining aniqlik chegarasida, yadro va elektronlar massalarining yig'indisiga teng. Garchi tamoyilda atom massasi quyidagiga teng bo'lishiga qaramasdan:

$$M_{am}(A, Z) = M(A, Z) + Z \cdot m_e + \sum_i w_i \quad (1.4)$$

bu yerda, $\sum w_i$ — elektronlar bog'lanish energiyasi, $\sum w_i \approx 13,6 \text{ eV}$.

Shunday qilib, elektronlarning yadroga bog'lanish energiyasi atom massasidan 10^7 marta kichik va amalda atom massasiga ta'sir qilmaydi.

Atomlar massalarini *mass-spektrometr* deb nomlangan asbob yordamida aniqlaniladi. Mass-spektrometr tuzilish sxemasi 1.4-rasmda tasvirlangan.



1.4-rasm. Mass-spektrometr tuzilish sxemasi.

Ionlar manbaida (IM) m massasi o'lchash zarur bo'lgan atomlarning musbat ionlari hosil bo'ladi. Zaryadi q_i bo'lgan ionlar

tirqish orqali IM va D_1 orasida qo'yilgan U potentsiallar farqi natijasida hosil bo'lgan elektr maydonga kelib tushadi. Ushbu elektr maydondan o'tgandan keyin quyidagi kinetik energiyaga ega bo'ladi:

$$\frac{m \vartheta^2}{2} = qU \quad (1.5)$$

Zarracha induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydonga ϑ tezlik bilan kirib keladi. Magnit maydon induksiya vektori chizma tekisligiga perpendikulyar bo'lib, biz tomonga yo'nalgan. Magnit maydonda ionga Lorens kuchi ta'sir qiladi:

$$F = q \vartheta B \quad (1.6)$$

Ushbu kuch O nuqtaga yo'nalgan markazga intilma tezlanish hosil qiladi, natijada ion radiusi R bo'lgan aylana bo'ylab harakat qiladi. Shunday qilib, quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{m \vartheta^2}{R} = q \vartheta B \quad (1.7)$$

(1.6) va (1.7) ifodalardan ϑ tezlikni yo'qotib, ion massasining absolyut qiymati quyidagiga teng ekanligini topamiz:

$$m = \frac{qR^2 B^2}{2U} \quad (1.8)$$

D_1 , D_2 va D_3 diafragmalar vaziyati (o'rni) bo'yicha zarur bo'lgan aylana radiusi beriladi. U va B kattaliklarni tanlab olish orqali ionlar dastasini K kollektorga tushishiga erishiladi. Kollektorda ionlar maksimal toki bo'yicha qayd qilinadi. Shunday qilib, ion radiusi R bo'lgan aylana harakatlanayotganligi aniqlaniladi va ion massasi hisoblab topiladi. Agar ionizatsiyalanish zarrasi, ma'lum bo'lsa, ion massasidan elektron qobiqlardagi elektronlarning yig'indi massasini ayrish orqali yadro massasini aniqlash mumkin.

Yadro bog'lanish energiyasi. Yadro bu nuklonlarning bir-biri bilan o'zaro bog'langan tizimi. Bog'langan holatlar faqat nuklonlar tizimini cheklangan hajmda ushlab turuvchi tortishishuvchi yadro kuchlari ta'siri ostida paydo bo'lishi mumkin. Bog'langan holatlar-ning turg'unligini, nuklonlarning bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashuvchi tizimi sifatidagi yadroning minimum to'liq energiyaga ega bo'lishi

ta'minlaydi. Massa soni A bo'lgan nuklonlar tizimining yadroga birlashishigacha, ya'ni bir-biri bilan yadro tortishish kuchlarni hisobga olmaydigan masofada joylashgan tizimning to'liq energiyasi W_1 quyidagiga teng bo'ladi:

$$W_1 = \sum_i m_i c^2 \quad (1.9)$$

bu yerda, m_i – yadro hosil bo'ladigan nuklonlar massasi.

Nuklonlarni yadroga birlashtirgandan keyin uning massasi M va to'liq energiyasi quyidagiga teng bo'lib qoladi:

$$W_2 = M c^2 \quad (1.10)$$

Tizimning energiya o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = M c^2 - \sum_{i=1}^A m_i c^2 \quad (1.11)$$

Tortishish kuchining ishi, tizimini energiyasi kichik bo'lgan holatga o'tishiga sabab bo'ladi, shuning uchun $\Delta W < 0$ kattalik yadro hosil bo'lganda ajralib chiqadigan va yadroni o'rab turgan fazoga tarqaluvchi energiyaga teng bo'ladi. Aksincha, yadroni parchalash va nuklonlarni erkin holatda deb hisoblab bo'ladigan masofagacha uzoqlashtirish uchun $|\Delta W|$ energiya zarur bo'ladi. Quyidagi kattalikka bog'lanish energiyasi deyiladi:

$$\Delta W_{bog'} = W_1 - W_2 = \sum_{i=1}^A m_i c^2 - M c^2 \quad (1.12)$$

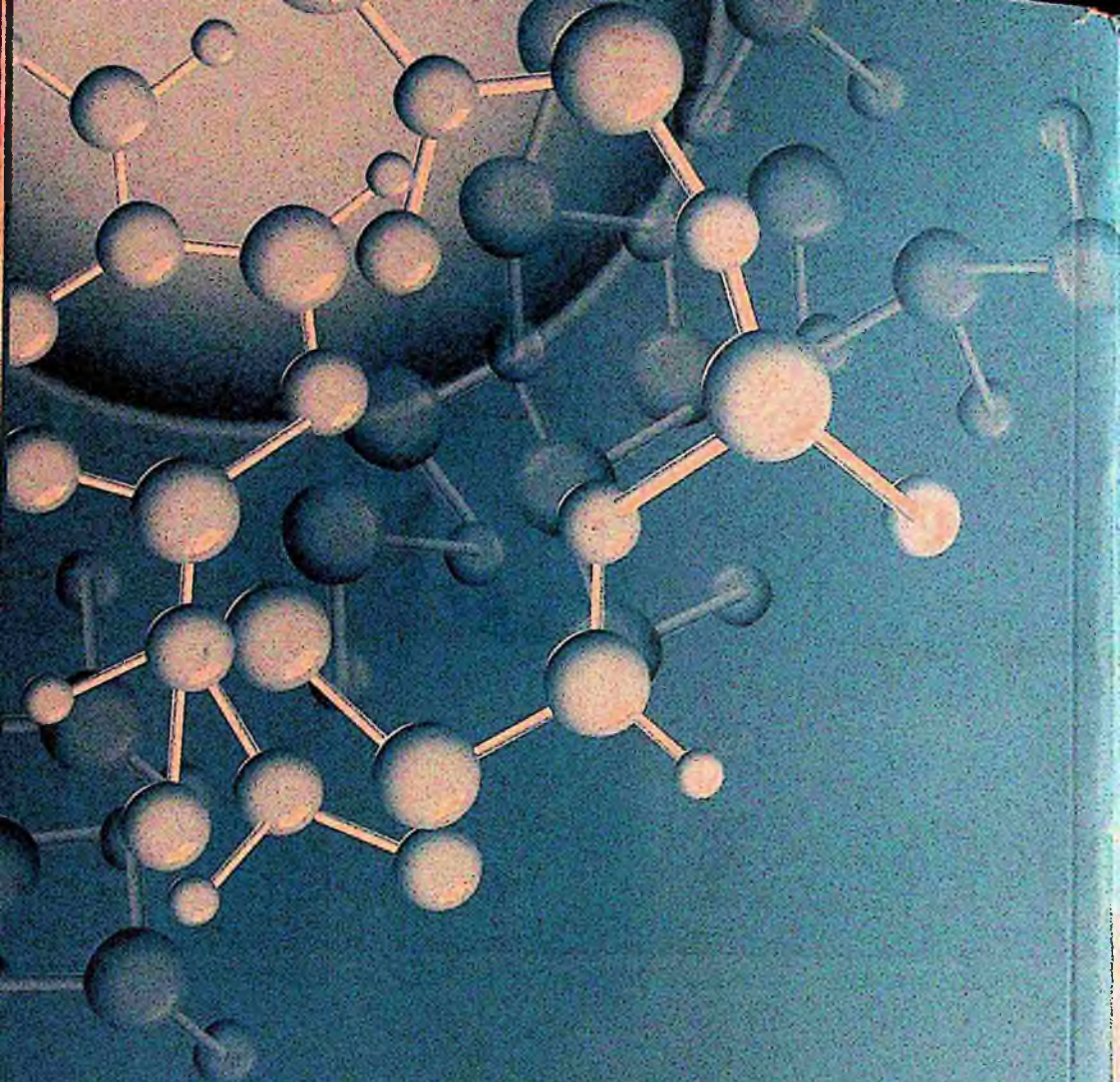
Ushbu ifoda har qanday inersial sanoq sistemada o'rinlidir. Turg'un yadro uchun bog'lanish energiyasi musbat va u yadroni, uni tashkil qilgan hamma nuklonlarga ajratish uchun sarf bo'ladigan energiyaga teng bo'ladi. Boshqacha aytganda, yadroni proton va neytronlarga batamom parchalash uchun zarur bo'lgan energiyaga **bog'lanish energiyasi** deyiladi. Yuqoridagi (1.4) ifoda massa soni A va zaryadi Z bo'lgan yadro uchun yozamiz:

$$W_{bog'}(A, Z) = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M(A, Z)] \cdot c^2 \quad (1.13)$$

Bu ifodada quyidagi kattalik **massa defekti** deyiladi:

$$\Delta m = Z m_p + (A - Z) m_n - M(A, Z)$$

Massa defekti m.a.b. larda o'lchanadi.



"Go To Print"

ISBN 978-9943-6882-8-5



9 789943 688285