



V B O B

YADRO ENERGETIKASI

34- § da qayd etilganidek, yadroning bog‘lanish energiyasi atomning bog‘lanish energiyasidan millionlab marta katta. Shuning uchun ham yengil yadrolarning sintezida va og‘ir yadrolarning parchalanishida ulkan miqdordagi energiya ajralib chiqadi. Insoniyat bu energiyadan foydalanish yo‘llarini izlashi tabiiy hol. Xo‘sh, yadro energetikasi sohasida erishilgan muvaffaqiyatlar nimalardan iborat va kelgusida qanday niyatlarga erishish orzusida yashamoqdamiz? Siz ushbu bobda bu sohada qilingan ishlar va mavjud muammolar bilan batafsil tanishasiz.

40-§. Og‘ir yadrolarning bo‘linishi. Uzluksiz zanjir reaksiyasi

M a z m u n i : og‘ir yadrolarning bo‘linishi; uran yadrosining bo‘linishi; uran yadrosining bo‘linishida ajraladigan energiya; uzluksiz zanjir reaksiyasi; neytronning ko‘payish koeffitsiyenti.

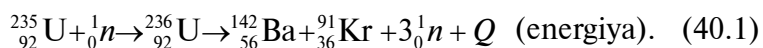
Og‘ir yadroning bo‘linishi. Og‘ir yadrolarning bo‘linish imkoniyatini, 57- rasmda keltirilgan solishtirma bog‘lanish energiyasining massa soniga bog‘liqlik grafigi asosida tushuntirish mumkin. Bu grafikdan ko‘rinib turibdiki, og‘ir yadrolarning solishtirma bog‘lanish energiyasi Mendeleyev jadvalining o‘rta qismidagi elementlarning solishtirma bog‘lanish energiyasidan 1 MeV ga kichik. Demak, og‘ir yadrolar o‘rta yadrolarga aylansa, unda har bir nuklon uchun 1 MeV dan energiya ajralib chiqar ekan.

Agar 200 ta nuklonli yadro bo‘linsa, unda ≈ 200 MeV atrofida energiya ajralib chiqadi va uning asosiy qismi (≈ 165 MeV) yadro parchalarining kinetik energiyasiga aylanadi.

Uran yadrosining bo‘linishi. 1938–1939- yillarda nemis fiziklari O.Gan va F.Strassmanlar neytron bilan bombardimon qilingan uran yadrosi ikkita (ba’zida uchta) bo‘lakka bo‘linishi va bunda katta miqdorda energiya ajralishini aniqladilar. Bu bo‘linishda davriy sistemaning o‘rta elementlari hisoblanmish bariy, lantan va boshqalar hosil bo‘ladi.

Tajriba natijalari quyidagicha tahlil qilindi. Neytronni yutgan uran yadrosi g'alayonlangan holatga o'tadi va ikkita bo'lakka parchalanib ketadi. Bunga sabab – protonlar orasidagi kulon itarishish kuchining yadro tortishish kuchlaridan katta bo'lib qolishidir. Yadro parchalari musbat zaryadlangan bo'lganligi uchun ham bir-birlarini kulon kuchi ta'sirida itaradi va katta tezlik bilan otilib ketadi. Bir paytning o'zida 2–3 ta ikkilamchi neytron ajralib chiqadi. Tajribalarning ko'rsatishicha, ikkilamchi neytronlarning asosiy qismi uchib chiqayotgan, g'alayonlangan parchalardan ajraladi.

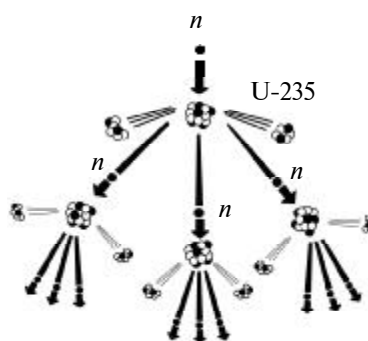
Bo'linish mahsulotlari turli-tuman bo'lib, qariyb 200 xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin. Massa soni 95 dan 139 gacha bo'lgan yadrolarning hosil bo'lish ehtimoli eng katta bo'ladi. Teng massali bo'linish ehtimoli ancha kichik va kamdan kam hollardagina ro'y berishi mumkin. Bo'linish reaksiyasining quyidagicha holi eng ko'p ro'y beradi:



Keyingi izlanishlarning ko'rsatishicha, neytron ta'sirida boshqa og'ir elementlarning yadrolari ham parchalanishi mumkin ekan. Bular ${}_{92}^{238}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$, ${}_{90}^{232}\text{Th}$ va boshqalar.

Uzluksiz zanjir reaksiyasi. Yuqorida qayd etilganidek, har bir uran yadrosi bo'linganda yadro bo'laklaridan tashqari 2–3 ta neytron ham uchib chiqadi. O'z navbatida, bu neytronlar ham boshqa uran yadrosiga tushishi va ularning ham parchalanishiga olib kelishi mumkin. Natijada 4–9 ta neytron hosil bo'ladi va shuncha yadroni parchalab, 8 tadan 27 tagacha neytronlarning hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Shunday qilib, o'z-o'zining parchalanishini kuchaytiruvchi jarayon vujudga keladi (62- rasm). Bu jarayon *uzluksiz zanjir reaksiyasi* deyiladi.

Zanjir reaksiyasi ekzotermik reaksiyadir, ya'ni reaksiya katta miqdordagi energiya ajralishi



62- rasm.

bilan ro'y beradi. Biz yuqorida bitta uran yadrosi bo'linganda 200 MeV energiya ajralishi haqida yozgan edik. Endi 1 kg uran parchalanganda qancha energiya ajralishini hisoblaylik (1 kg uranda $2,5 \cdot 10^{24}$ ta yadro mavjud):

$$E \approx 200 \text{ MeV} \cdot 2,5 \cdot 10^{24} = 5 \cdot 10^{26} \text{ MeV} = 8 \cdot 10^{13} \text{ J.} \quad (40.2)$$

Bunday energiya 1800 t benzin yoki 2500 t toshko'mir yonganda ajralishi mumkin. Aynan shu qadar katta energiyaning ajralishi olimlarni zanjir reaksiyasidan amalda (ham tinchlik, ham harbiy maqsadlarda) foydalanish yo'llarini izlashga undadi. Zanjir reaksiyasini amalga oshirish unchalik ham oson emas. Bunga sabab — tabiatda mavjud uranning ikkita izotop: 99,3% — $^{238}_{92}\text{U}$ va 0,7% — $^{235}_{92}\text{U}$ dan iboratligidir. Zanjir reaksiyasi faqat uran-235 bilangina ro'y beradi.

Shuning uchun uran rudasidan oldin zanjir reaksiyasi ro'y beradigan uran-235 izotopini ajratib olish, so'ngra reaksiya o'tadigan sharoitni vujudga keltirish kerak. Bugungi kunda bu murakkab masala muvaffaqiyatli yechilgan.

Neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti. Zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun ikkilamchi neytronlarning keyingi yadro bo'linishlaridagi ishtiroki muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun *neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti* tushunchasi kiritiladi:

$$k = \frac{N_i}{N_{i-1}}, \quad (40.3)$$

bu yerda N_i kattalik — i -etapda yadrolar bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlar soni bo'lsa, N_{i-1} — undan oldingi etapda yadrolar bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlar soni.

Ko'payish koeffitsiyenti nafaqat neytronlar sonini, balki bo'linadigan yadrolar sonini ham ko'rsatadi.

Agar $k < 1$ bo'lsa, unda reaksiya tezda so'nadi.

Agar $k = 1$ bo'lsa, zanjir reaksiyasi *kritik* deb ataluvchi doimiy intensivlik bilan davom etadi.

Agar $k > 1$ bo'lsa, zanjir reaksiyasi jalasifat o'sib boradi va *yadro portlashiga* olib keladi.



Sinov savollari

1. Og'ir yadrolar solishtirma bog'lanish energiyasining massa soniga bog'lanishini tushuntiring. 2. Nima uchun og'ir yadrolar o'rta yadrolarga aylanganda energiya ajralib chiqadi? 3. 200 ta nuklonli yadro bo'linsa, qancha energiya ajralib chiqadi? 4. 400 ta nuklonli yadro bo'linsa-chi? 5. Ajralgan energiyaning asosiy qismi nimaga aylanadi? 6. O.Gan va F.Shtrassmanlar nimani aniqlashgan? 7. Uran yadrosi bo'linganda nimalar ajralib chiqadi? 8. Bo'linishning eng ko'p ro'y beradigan holini yozib ko'rsating. 9. Yana qanday elementlarning yadrolari neytron ta'sirida parchalanishi mumkin? 10. Uzlaksiz zanjir reaksiyasi qanday ro'y beradi? 11. Uzlaksiz zanjir reaksiyasi qanday reaksiya? 12. 62- rasmdagi manzarani tushuntiring. 13. 1 kg uran parchalanganda qancha energiya ajralib chiqadi? 14. Bunday energiya qancha benzin yonganda ajralib chiqishi mumkin? 15. Uranning barcha izotoplari ham zanjir reaksiyasiga kirishaveradimi? 16. Uran-235 tabiatdagi uran rudasining necha foizini tashkil qiladi? 17. Neytronlarning ko'payish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi? 18. $k < 1$ da zanjir reaksiyasi qanday davom etadi? 19. $k = 1$ bo'lsa-chi? 20. Yadro portlashi ro'y berishi uchun k qanday qiymatlarni qabul qilishi kerak?

41-§. Yadro reaktori. Zanjir reaksiyasini boshqarish

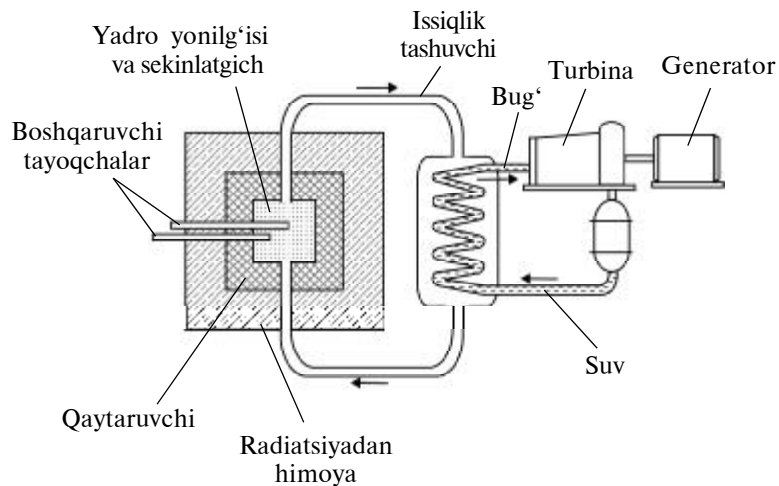
M a z m u n i: yadro reaktori; yadro reaktorini boshqarish; kritik massa; yadro yonilg'isini qayta ishlab chiqarish; yadro reaktorining turlari; yadro reaktorining himoyasi; atom bombasi; atom energetikasi.

Yadro reaktori. Insoniyat uchun zanjir reaksiyasini amalga oshirish emas, balki ajraladigan energiyadan foydalanish uchun uni boshqarish muhim ahamiyatga egadir. *Og'ir yadrolarning bo'linish zanjir reaksiyasini amalga oshirish va boshqarish imkoniyatini beradigan qurilma **yadro reaktori** deyiladi.*

Birinchi yadro reaktori 1942- yilda E.Fermi rahbarligida Chikago universiteti qoshida qurilgan.

Yonilg'i sifatida 5% gacha uran-235 bilan boyitilgan tabiiy urandan foydalanadigan bu reaktorning sxemasi 63- rasmda ko'rsatilgan.

Uran-235 yadrosida zanjir reaksiyasini rivojlantirish issiq neytronlar vositasidagina amalga oshirilishi mumkin (energiyasi



63- rasm.

0,005–0,5 eV oralig'ida bo'lgan neytronlar *issiq neytronlar* deyiladi). Yadro parchalanishida hosil bo'ladigan neytronlarning energiyasi esa 2 MeV atrofida bo'ladi. Shuning uchun, zanjir reaksiyasi borishini ta'minlash uchun ikkilamchi neytronlarni issiq neytronlarga sekinlatish kerak. Shu maqsadda *sekinlatgich* deb ataluvchi maxsus moddadan foydalaniladi. Sekinlatgich neytronlarni sekinlatishi, lekin yutmasligi kerak. Sekinlatgich maqsadida og'ir suv, oddiy suv, grafit va berilliydan foydalanish mumkin. Og'ir suvni olish juda qiyin bo'lgani uchun, odatda, reaktorlarda oddiy suv yoki grafitdan foydalaniladi.

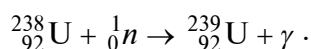
Reaktorning o'z-o'zini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi ro'y beradigan faol zonasi grafit silindrdan iborat bo'ladi.

Yadro reaktorini boshqarish. Yadro yonilg'isi (uran) faol zonaga oralarida neytronlarni sekinlatgich joylashtirilgan tayloqchalar sifatida kiritiladi. Zanjir reaksiyasi jarayonida faol zonadagi temperatura 800–900 K gacha ko'tariladi. Issiqlikni olib ketish uchun reaktorning faol zonasidan quvur orqali issiqlik tashuvchi o'tkaziladi. Misol uchun, bunday issiqlik tashuvchi odatdagi suv yoki suyuq natriy metalli bo'lishi mumkin. Zanjir reaksiyasini boshqarish bor yoki kadmiydan yasalgan, issiq neytronlarni yaxshi yutadigan tayloqchalar yordamida amalga oshiriladi. Zanjir reaksiyasining rivojlanishi bo'linayotgan yadrolar sonining uzluksiz ortishiga, ya'ni reaktor quvvatining ortishiga olib keladi.

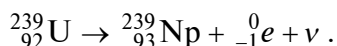
Zanjir reaksiyasi jala xarakterini olmasligi uchun neytronlarning ko'payish koeffitsiyentini birga teng qilib turish kerak. Bu esa boshqaruvchi tayoqchalar yordamida amalga oshiriladi. Boshqaruvchi tayoqchalar reaktorning faol zonasidan tortib olinganda $k > 1$, to'la kiritib qo'yilganda $k < 1$ bo'ladi. Tayoqchalar yordamida istalgan paytda zanjir reaksiyasi rivojlanishini to'xtatish mumkin.

Kritik massa. O'z-o'zini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun ($k > 1$) faol zonaning hajmi biror kritik qiymatdan kichik bo'lmashligi kerak. Faol zonaning zanjir reaksiyasini amalga oshirish mumkin bo'lgan eng kichik hajmi *kritik hajm* deyiladi. Kritik hajmda joylashgan yonilg'ich massasi *kritik massa* deyiladi. Qurilmaning tuzilishi va yonilg'ining turiga qarab, kritik massa bir necha yuz grammdan, bir necha o'n tonnalargacha bo'lishi mumkin.

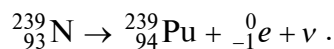
Yadro yonilg'isini qayta ishlab chiqarish. Tabiiy uranda ishlovchi reaktorda ikkilamchi neytronlarning bir qismini uran-238 yutib uran-239 ga aylanadi:



Uran-239 izotopi radioaktiv. Uning yarimyemirilish davri 23,5 min ga teng. U β -yemirilish natijasida neptuniy izotopiga aylanadi:



Yana bir karra β -yemirilishdan so'ng neptuniy yadrosi plutoniy-239 yadrosiga aylanadi:



Plutoniy-239 ning yarimyemirilish davri 24 ming yilga teng va uning bo'linish qobiliyati uran-235 dan kam emas. Undan yadro reaktorlarida yonilg'ich sifatida foydalanish mumkin. Shunday qilib, uran-235 ning ishlatilishi undan yomon bo'lmagan yonilg'ich — plutoniy-239 ning hosil bo'lishiga olib keladi.

Bitta uran-235 yadrosi bo'linganda o'rtacha 2,5 ta neytron ajraladi. Zanjir reaksiyasini davom ettirish uchun esa bitta ney-

tron yetarli. Demak, 1,5 ta neytron plutoniy yadrosini hosil qilishga sarflanadi. Shunday qilib, uran-235 yadrosi bo'linganda nafaqat energiya ajralib chiqmay, ishlatilganidan ko'ra ko'proq yadro yonilg'isi ham qayta ishlab chiqarilar ekan.

Yadro reaktorining turlari. Hozirgi paytda turli-tuman reaktorlar yaratilgan bo'lib, ular quyidagi turlarga bo'linadi:

– *yonilg'i yadrosining bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlarning energiyasiga qarab:* issiq neytronlar reaktori; tez neytronlar (energiyasi 1 MeV dan katta neytronlar) reaktori;

– *yonilg'ining turiga qarab:* tabiiy uranda, boyitilgan uranda, sof yonilg'ida ishlaydigan reaktorlar;

– *vazifasiga qarab:* ilmiy tadqiqotlar uchun, plutoniy ishlab chiqarish uchun, elektr energiya ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan reaktorlar.

Yadro reaktorining himoyasi. Zanjir reaksiyasida neytronlar, β - va γ -nurlanishlar manbayi bo'lgan yadro parchalari hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, uran reaktori – turli xil nurlanishlar manbayi. Ularning katta singish qobiliyatiga ega bo'lgan neytronlari va γ -nurlari ayniqsa xavflidir. Shuning uchun, reaktorda ishlovchi xodimlarning himoyasini tashkil qilish muhim ahamiyatga ega. Bu maqsadda 1 m qalinlikdagi suv, 3 m gacha qalinlikdagi beton va cho'yanning qalin qatlamidan foydalaniladi.

Atom bombasi. Atom bombasini boshqarilmaydigan zanjir reaksiyasi ($k > 1$) ro'y beradigan reaktor sifatida qarash mumkin. Yonilg'i sifatida, asosan, uran-235 yoki plutoniy-239 dan foydalaniladi. Yuqorida qayd etilganidek, bu holda ham zanjir reaksiyasi ro'y berishi uchun kritik hajm va yadro yonilg'isining kritik massasi bo'lmog'i kerak. Uran-235 va plutoniy-239 uchun kritik massa 10–20 kg ga yaqin.

Portlashgacha yadro zaryadi, har birining massasi kritik massadan kichik bo'lgan ikkita qismga ajratilgan bo'ladi va shu sababli zanjir reaksiyasi ro'y bermaydi. Ular birlashgandan keyin esa umumiy massa kritik massadan katta bo'lib qoladi va shu lahzadayoq boshqarilmaydigan zanjir reaksiyasi boshlanib, portlash ro'y beradi. Ularni birlashtirish esa oddiy porox yordamida amalga oshirilishi mumkin. Portlash natijasida γ -nurlanish va neytronlar chiqadi, temperatura va bosim keskin

ortib ketadi. Atom bombasining asosiy shikastlovchi omili — portlash markazidan har tomonga qarab tovush tezligidek katta tezlik bilan tarqaluvchi to‘lqin zarbasi va atrof-muhitni zararlantiruvchi radioaktiv nurlanishdir.



Sinov savollari

1. Yadro reaktori nima? 2. Birinchi yadro reaktori qachon va qayerda qurilgan? 3. Unda yonilg‘i sifatida nima ishlatilgan? 4. Uran-235 yadrosida zanjir reaksiyasi qanday amalga oshiriladi? 5. Issiq neytronlar deb qanday neytronlarga aytiladi? 6. Yadro parchalanishida hosil bo‘lgan neytronlarning energiyasi qanday bo‘ladi? 7. Bu neytronlar qanday sekinlatiladi? 8. Reaktorning faol zonasi qanday bo‘ladi? 9. Yadro yonilg‘isi faol zonaga qanday ko‘rinishda kiritiladi? 10. Faol zonada temperatura qanchagacha ko‘tariladi? 11. Issiqlik miqdori faol zonadan qanday qilib olib ketiladi? 12. Zanjir faol zonadan qanday boshqariladi? 13. Boshqaruv tayoqchalari reaktorning faol zonasidan chiqarib olinsa, qanday hol ro‘y beradi? 14. Boshqaruv tayoqchalari reaktorning faol zonasiga kiritib qo‘yilganda-chi? 15. O‘z-o‘zini kuchaytiruvchi zanjir reaksiyasi ro‘y berishi uchun faol zonaning hajmi qanday bo‘lishi kerak? 16. Kritik massa deb qanday massaga aytiladi? 17. Kritik massa qancha bo‘lishi mumkin? 18. Reaktorda uran-239 qanday hosil bo‘ladi? 19. Neptun-239 chi? 20. Plutoni-239 ning hosil bo‘lish sxemasini tushuntiring. 21. Plutoni-239 qanday xususiyatlarga ega? 22. Uran-235 ning bo‘linishi qanday mahsulotlarning hosil bo‘lishiga olib kelar ekan? 23. Neytronlarning energiyasiga qarab reaktorlarning qanday turlari mavjud? 24. Yonilg‘ining turiga qarab reaktorlarni qanday turlarga ajratish mumkin? 25. Vazifasiga qarab reaktorlarning qanday turlari mavjud? 26. Yadro reaktorigidan chiqadigan qanday mahsulotlar juda xavfli hisoblanadi? 27. Ulardan himoyalani- sh uchun nima ishlar qilinadi? 28. Atom bombasini qanday reaktor sifatida qarash mumkin? 29. Atom bombasida yonilg‘i sifatida nimalardan foydalaniladi? 30. Bunday yonilg‘ilar uchun kritik massa nimaga teng? 31. Portlashgacha yadro zaryadi qanday saqlanadi? 32. Nima uchun shunday qilinadi? 33. Qachon boshqarilmaydigan zanjir reaksiyasi ro‘y beradi? 34. Yadro zaryadlarini birlashtirish qanday amalga oshiriladi? 35. Atom bombasining asosiy shikastlovchi omillari nima?

42-§. Atom energetikasi va undan tinchlik maqsadlarida foydalanish

Mazmuni: atom energetikasining qulayliklari; ko'chma atom dvigatellari.

Atom energetikasining qulayliklari. Insoniyat doimo arzon va qulay energiya manbalariga ega bo'lishga intilgan. Yadro reaktorlarining yaratilishi esa yadro energetikasining sanoatda qo'llanilishiga, ya'ni undan inson ehtiyojlari uchun foydalanishga imkon yaratdi. Yadro yonilg'isining zaxiralari kimyoviy yonilg'i zaxiralaridan yuzlab marta ko'p. Shuning uchun elektr energiyaning asosiy qismi atom elektr stansiyalarida (AES) ishlab chiqarilganda edi, bu, bir tomondan, elektr energiyaning tannarxini kamaytirs, ikkinchi tomondan, insoniyatni bir necha yuz yillar davomida energetika muammolaridan xalos qilgan bo'lardi. AES larning ancha kichik maydonni egallashini ham ta'kidlash lozim. Dunyoda birinchi AES 1954- yilda Obninsk shahrida ishga tushirilgan. Undan keyin esa juda ko'p ulkan AES lar qurildi va muvaffaqiyatli faoliyat ko'rsatib kelmoqda.

Ko'chma atom dvigatellari. Yadro yonilg'isining yuqori unumdorligi va yadro dvigatellarining mustaqil ishlash imkoniyati ulardan suvosti va suvusti kemalarida foydalanish imkoniyatini yaratdi. Hozirgi kunda «Arktika», «Sibir» kabi ko'plab atom muzyorarlari va atom reaktorlaridan energiya olib ishlovchi ko'plab suvosti kemalari faoliyat ko'rsatmoqda.

AES larda texnika xavfsizligi qoidalariga qat'iy rioya qilish kerak. Aks holda, bu katta halokatlarga olib kelishi mumkin. Chernobil AES da bo'lgan halokat bunga misol bo'la oladi.



Sinov savollari

1. Yadro reaktorlarining yaratilishi insoniyatga qanday imkoniyatlar yaratdi?
2. AES larda elektr energiya ishlab chiqarishning qanday qulayliklari mavjud?
3. Dunyoda birinchi AES qachon ishga tushirilgan?
4. Yadro dvigatellaridan mustaqil holda foydalanish mumkinmi?
5. Bunday dvigatellardan mustaqil foydalanilgan hollarga misollar keltiring.
6. Chernobil AES da bo'lgan halokat haqida nimalarni bilasiz?

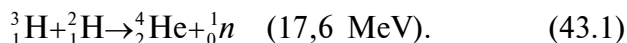
43-§. Termoyadro reaksiyalari

M a z m u n i: termoyadro sintezi; energiya balansi; termoyadro energetikasi muammolari.

Termoyadro sintezi. 34- § da qayd etilganidek, nafaqat og'ir yadrolarning bo'linishida, balki yengil yadrolarning qo'shilib og'irroq yadrolar hosil qilishida (sintezida) ham energiya ajralib chiqadi.

Normal sharoitda yadrolarning qo'shilishi mumkin emas, chunki musbat zaryadlarga juda katta kulon itarishish kuchi ta'sir qiladi. Bu yadrolarni qo'shish uchun esa ularni shunday yaqinlashtirish kerakki, bunda yadro tortishish kuchlari kulon itarishish kuchlaridan kattaroq bo'lib qolsin. Buning uchun esa yadrolarning kinetik energiyalarini orttirish, ya'ni temperaturasini ko'tarish kerak bo'ladi. Juda yuqori temperaturalardagina bu yadrolar bir-birlariga juda yaqin kelishlari, yadro kuchlari ta'sirida bog'lanishlari va og'irroq yadroga birikishlari mumkin. Bunday hol 10^7 K va undan yuqori temperaturalarda ro'y beradi. Shu sababli, bunday reaksiyalarga *termoyadro reaksiyalari*, yengil yadrolarning qo'shilib og'irroq yadro hosil qilishiga esa *termoyadro sintezi* deyiladi.

Energiya balansi. Yengil yadrolarning qo'shilishi natijasida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi. Chunki hosil bo'lgan yangi yadrolarning solishtirma bog'lanish energiyasi katta bo'ladi (57- rasmga qarang). Agar har bir nuklonga uran yadrosining parchalanishida 1 MeV energiya ajralishi mos kelsa, deyteriy va tritiyning sintezida 3,52 MeV energiya to'g'ri keladi:



Deyteriy yadrosining bog'lanish energiyasi 2,2 MeV, tritiy yadrosiniki – 8,5 MeV, geliyniki esa 28,3 MeV. Demak, reaksiya natijasida

$$28,3 \text{ MeV} - (2,2 + 8,5) \text{ MeV} = 17,6 \text{ MeV} \quad (43.2)$$

energiya ajralib chiqadi. Har bir nuklonga to'g'ri keladigan energiyani topsak,

$$\frac{17,6 \text{ MeV}}{5} \approx 3,52 \text{ MeV} . \quad (43.3)$$

Ya'ni har bir nuklonga bo'linish reaksiyasiniqiga qaraganda qariyb to'rt marta ko'proq energiya to'g'ri keladi.

Vodorod bombasining asosida yuqorida keltirilgan deyteriy va tritiyning qo'shilish reaksiyasi yotadi. Bunday bombada dastlab atom bombasi portlab, 10^7 K temperatura vujudga keltiriladi, so'ngra boshqarilmaydigan termoyadro reaksiyasi (portlash) ro'y beradi.

Termoyadro energetikasi muammolari. Termoyadro reaksiyasida ajraladigan energiyadan foydalanish imkoni topilganda insoniyat eng arzon va eng katta energiya manbayiga ega bo'lardi. Chunki dengiz va okeanlarning suvlari yadro yonilg'isi bo'lardi. Shuning uchun ham termoyadro reaksiyasini boshqarish yo'llarini izlash barcha rivojlangan mamlakatlarda, turli yo'nalishlarda olib borilmoqda.

Yuqorida qayd etilganidek, bu muammoni yechish yo'lidagi asosiy qiyinchilik yuqori temperatura hosil qilishdir. Hozirgi paytda vodorod plazmasida juda yuqori temperaturalar hosil qilish usuli ustida ish olib borilmoqda. Umuman olganda, kichkina hajmga yo'naltirilgan kuchli lazer nuri yordamida o'ta yuqori temperatura (10^8 K) hosil qilinib, termoyadro reaksiyasi amalga oshirildi ham. Ammo yuqori temperaturani saqlash uchun plazmani qurilma devorlaridan ajratmoq kerak. Aks holda, plazma bir lahzadayoq soviydi va yo'qoladi. Demak, plazmani saqlashning yagona yo'li uni vakuum (bo'shliq) bilan o'rashdir. Shu maqsadda issiqlikning magnit izolatsiyasidan foydalaniladi. Bu yo'nalishdagi eng istiqbolli qurilma «Tokomak» (Toroidli magnit kamerasi) hisoblanadi.

Shuni ta'kidlash lozimki, hozirgi paytda erishilgan temperatura plazmaning zichligini uzoq vaqt ushlab turish va ko'p miqdordagi yengil yadrolarning boshqariladigan sintezini amalga oshirish uchun yetarli emas. Hatto I.V.Kurchatov nomidagi atom energetikasi institutidagi «Tokomak-15» qurilmasida ham bor-yo'g'i 80 ms davomida $\sim 10^6$ K temperaturali plazma hosil qilishga erishildi, xolos. Ammo termoyadro energetikasi muammolarini bartaraf etishdagi tinimsiz izlanishlar tez vaqtlarda samara berishiga shubha yo'q.



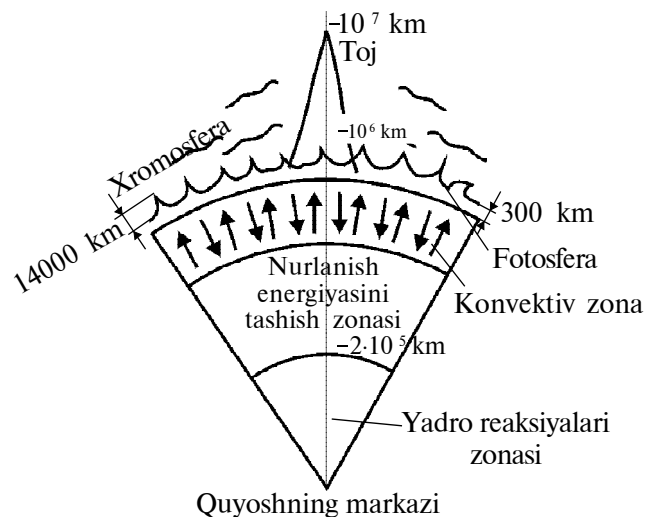
Sinov savollari

1. Yengil yadrolarning sintezida ham energiya ajraladimi? 2. Odatdagi sharoitlarda ham yadrolar qo'shiladimi? 3. Qanday qilib yengil yadrolarning qo'shiluviga erishiladi? 4. Yengil yadrolar qanday temperaturalarda bitta yadroga birikishlari mumkin? 5. Termoyadro reaksiyalari deb qanday reaksiyalarga aytiladi? 6. Termoyadro sintezi deb-chi? 7. Deyteriy va tritii sintezida qancha energiya ajralib chiqadi? 8. Bu sintezda ajraladigan energiya har bir nuklonga qanchadan to'g'ri keladi? 9. Bu energiya yadro parchalanish reaksiyasidan kattami yoki kichikmi? 10. Vodorod bombasining portlashida qanday reaksiya ro'y beradi? 11. Termoyadro reaksiyasini boshqarish qanday imkoniyatlar yaratishi mumkin? 12. Bu yo'ldagi asosiy qiyinchilik nimadan iborat? 13. Plazmani qurilma devorlaridan ajratish nima uchun kerak? 14. Plazma qanday qilib devorlardan ajratilishi mumkin? 15. «Tokomak» qanday qurilma? 16. Hozirgi paytda, boshqariladigan termoyadro sinteziga erishish yo'lida qanday natijalarga erishilgan?

44-§. Quyosh va yulduzlar. Quyosh va yulduzlar energiyasi

Mazmuni: Quyoshning tuzilishi; Quyosh va yulduzlar yadrosi termoyadro reaktori sifatida; proton-proton sikli; uglerod sikli.

Quyoshning tuzilishi. Quyosh Yerga eng yaqin joylashgan yulduzdir. Shuning uchun uning tuzilishini bilish va unda ro'y beradigan jarayonlarni o'rganish barcha yulduzlar haqida ma'lum xulosa chiqarishga imkon beradi. *Quyoshning 80% dan ortig'ini vodorod atomlari va 18% ini geliy atomlari tashkil qiladi.* Quyosh energiyasining asosiy manbayi bo'lmish termoyadro reaksiyalari uning yadrosida ro'y beradi (64- rasm). Plazma holatidagi Quyosh yadrosining radiusi umumiy radiusining taxminan uchdan biriga teng bo'lib, temperaturasi o'n million kelvin (10 000 000 K) ga teng. Yadrodan keyin, taxminan shuncha qalinlikdagi, *nurlanish energiyasini tashish zonasi* joylashgan. Undan keyin taxminan ikki yuz ming kilometr qalinlikdagi *konvektiv zona* keladi. Bu zona Quyoshning tashqi qatlamlari — atmosferaga tutashib ketgan. Quyosh atmosferasi *fotosfera*, *xromosfera* va *tojdan* iborat. Garchi Quyosh atmosferasining tashqi qatlamlari



64- rasm.

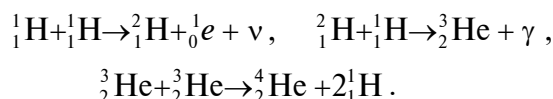
ridagi temperatura 1 MK atrofida bo'lsa ham, ularning nurlanishi Quyosh chiqaradigan energiyaning juda kam qismini tashkil qiladi. Quyosh chiqaradigan energiyaning asosiy qismini fotosferadan chiqadigan nurlanish tashkil qiladi. Shuning uchun ham fotosferaning 6000 K temperaturasi Quyoshning temperaturasi deb olinadi. Vaqt-vaqti bilan Quyosh fotosferasida faol zonalar — quyosh dog'lari paydo bo'ladi. Bu dog'larning o'rni va kattaligi o'n bir yillik davr bilan o'zgarib turadi. Quyosh aktivligining bunday o'zgarishiga sabab, undagi ionlashgan moddalarning Quyosh magnit maydoni bilan o'zaro ta'siri hisoblanadi.

Quyosh koinotda mavjud bo'lgan hisobsiz yulduzlardan biridir.

Quyosh va yulduzlar yadrosi termoyadro reaktori sifatida.

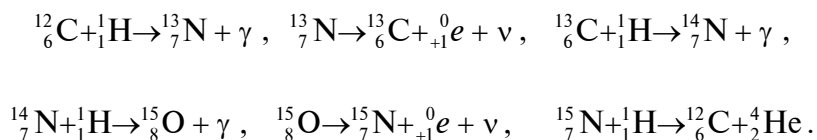
Barcha yulduzlarning, jumladan, Quyoshning yadrosida ham termoyadro sintezi ro'y beradi. Quyoshsimon yulduzlarning ham, xuddi Quyosh singari, 80% massasini vodorod, qolgan 20% ga yaqinini geliy tashkil qiladi. Ularning yadrosidagi temperatura 10^7 – 10^8 K ga teng bo'lib, barcha atomlar to'la ionlashgan, ya'ni plazma holatida bo'ladi. Ularning yadrosida tinimsiz termoyadro sintezi ro'y berib turadi. Shuning uchun ham Quyosh va yulduzlar yadrosini termoyadro reaktori sifatida qarash mumkin. Ularda quyidagi ikki xil sikl ro'y berishi mumkin.

Proton-proton sikli. Quyoshning qa'rida ro'y berishi mumkin bo'lgan termoyadro reaksiyalaridan biri, *proton-proton sikli* deb ataluvchi quyidagi reaksiyalardir:



Bu termoyadro reaksiyalari natijasida to'rtta vodorod yadrosi (proton) bitta geliy yadrosiga aylanadi va shuning uchun *proton-proton sikli* deyiladi. Proton-proton siklida 27 MeV energiya ajraladi.

Uglerod sikli. Quyoshdan ko'ra yorqinroq yulduzlarda uglerod sikli ro'y beradi. Bu siklda ham, xuddi proton-proton siklidagi kabi, to'rtta vodorod yadrosining bitta geliy yadrosiga aylanishi ro'y beradi. Reaksiyada qatnashadigan uglerod yadrolarining soni o'zgarmay qoladi, chunki u katalizator vazifasinigina o'taydi. Bu siklda oraliq reaksiyalarda uglerodan azot hosil bo'ladi. Azot vodorodning geliyga aylanish reaksiyasining yordamchi mahsuloti bo'ladi. Uglerod sikli quyidagicha ro'y beradi:



Sikl natijasida 26,7 MeV energiya ajraladi.



Sinov savollari

1. Quyosh ham yulduzmi? 2. Quyosh qanday elementlardan tarkib topgan? 3. Uning yadrosining o'lchamlari va temperaturasi qanday? 4. Quyoshning tuzilishi qanday? 5. 64- rasmni tahlil qiling. 6. Quyoshning atmosferasi qanday tuzilgan? 7. Quyoshdan chiqadigan nurlanishning asosiy qismi qayerdan chiqadi? 8. Quyosh sirtining temperaturasi qanday? 9. Quyosh dog'larining paydo bo'lishiga sabab nima? 10. Quyosh energiyasining manbayi nima? 11. Yulduzlar yadrosidagi temperatura qancha? 12. Quyosh va yulduzlarning yadrolari nimaga o'xshaydi? 13. Proton-proton sikli qanday reaksiyalardan iborat? 14. Proton-proton siklida

qancha energiya ajraladi? 15. Uglarod sikli qanday ro'y beradi? 16. Uglarod siklida uglarod miqdori o'zgaradimi? 17. Uglarod siklida azot hosil bo'ladimi? 18. Uglarod siklida qancha energiya ajraladi?

45-§. Radioaktiv nurlanishning biologik ta'sirlari

M a z m u n i: radioaktiv nurlanishning jonli organizmga ta'siri; nurlanish turlari; organlarning nurlanishga chidamliligi; nurlanish dozasi; biologik doza.

Radioaktiv nurlanishning jonli organizmga ta'siri. Radioaktiv nurlanish ta'sirida jonli organizm atom va molekularining ionlashuvi ro'y beradi. Bu esa molekular bog'lanishlarning va turli birikmalar kimyoviy tuzilishining buzilishiga olib keladi. Hujayraning kimyoviy tuzilishidagi buzilish esa undagi modda almashinuvining buzilishiga va natijada hujayraning halokatiga sabab bo'ladi.

To'qima birlik massasi yutadigan energiya, ya'ni yutiladigan nurlanish dozasi ortishi bilan nurdan zararlanish darajasi ham ortib boradi.

Organizmning nurlanish ta'siriga umumiy reaksiyasi nurlanish dozasiga, nurlanish turiga, nurlanayotgan sirtning o'lchamlariga, nurlanayotgan organning sezgirligiga, organizmning individual xususiyatlariga bog'liq bo'ladi. Masalan, turli nurlarning bir xil dozasining biologik ta'siri bir xil bo'lmaydi. Bunga sabab, ular vujudga keltiradigan ionlashuv zichligining bir xil bo'lmashligidir. Ionlashuvning zichligi nur ta'sirining kuchliligidan darak beradi.

Nurlanish turlari. Nurlanishning organizmga ta'sirini baholaganda tashqi va ichki nurlanishlarni farqlash kerak. Radiatsiyaning ba'zi turlari (masalan, α -nurlar) tashqi nurlanishda uncha xavfli bo'lmasa-da, biror ichki organizmda nurlanganda jiddiy xavf tug'dirishi mumkin. Alfa-zarralar tashqi nurlanishda teriga bir necha mikrometrlargagina singib, ustki qatlamlarda tutib qolinadi va jiddiy zarar keltirmaydi.

Tashqi nurlanishda gamma (va rentgen) nurlaridan va neytronlardan himoyalanişga alohida e'tibor bermoq kerak. Chunki bu nurlar katta singish qobiliyatiga ega. Beta-zarralar esa to'qimaga bir necha millimetrlargagina singib, teri va teri osti hujayralari tomonidan yutiladi.

Organlarning nurlanishga chidamliligi. Turli organizmlarning ionlashtiruvchi nurlanishlarga chidamliligi katta oraliqda o'zgaradi. Binobarin, organizm qanchalik katta va murakkab bo'lsa, nurlanish ta'sirida shunchalik tez yemiriladi. Masalan, bakteriyaning yadro nurlanishiga chidamliligi odamnikiga nisbatan ming marta kuchliroqdir.

Tez rivojlanayotgan organizmning nurga sezgirligi ham ancha kuchli bo'ladi: ko'payayotgan organlar yaxshi rivojlangan muskul to'qimasiga nisbatan, hayvonlarning rivojlanayotgan embrioni kattasiga nisbatan, o'sayotgan urug' tinch turganiga nisbatan tez yemiriladi.

Yana shuni ta'kidlash lozimki, kam dozadagi nurlanish, garchi yomon genetik o'zgarishlarga sabab bo'lsa ham, ba'zi hollarda o'simliklarning, ba'zida esa jonli organizmlarning o'sishiga va rivojlanishiga ham olib kelishi mumkin.

Nurlanish dozasi. Nurlanishning jonli organizmga ta'siri *nurlanish dozasi* bilan xarakterlanadi.

Organizmning bir birlik massasi tomonidan yutiladigan ionlovchi nurlanish energiyasiga nurlanish dozasi deyiladi:

$$D = \frac{E}{m}. \quad (45.1)$$

Bu yerda E — organizm tomonidan yutiladigan ionlovchi nurlanish energiyasi, m — massasi. Nurlanish dozasining SI dagi birligi grey (Gr)

$$[D] = \frac{[E]}{[m]} = \frac{1\text{J}}{1\text{kg}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 1\text{Gr}.$$

Nurlanishning ekspozitsion dozasi deb, nurlanish ta'sirida havoning ionlashish darajasiga aytiladi.

$$D_{eks} = \frac{Q}{m},$$

Q — nurlanish ta'sirida organizmda hosil bo'lgan ionlar zaryadlarining miqdori. Nurlanishning ekspozitsion dozasining

SI dagi birligi $\frac{\text{C}}{\text{kg}}$.

$$[D_{eks}] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{1\text{C}}{1\text{kg}} = 1 \frac{\text{C}}{\text{kg}}.$$

Ekspozitsion nurlanish dozasining sistemaga kirmaydigan birligi — *rentgen* (R) ham mavjud: $1\text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{ C/kg}$.

Bir xil dozadagi turli xil nurlanishlarning inson organizmiga ta'siri bir xil emas. Shu sababli nurlanishning xavfsizligini baholash uchun *nisbiy biologik faollik* deb ataluvchi k koeffitsiyent kiritiladi.

Rentgen nurlari, gamma-nurlar va elektronlar uchun $k = 1$, sekin neytronlar uchun $k = 5$, tez neytronlar va protonlar uchun $k = 10$, α -zarralar uchun $k = 20$ va h.k.

Biologik doza. (Ionlashtiruvchi nurlanishning ekvivalent dozasi.) *Biologik doza deb, nurlanishning organizmga ta'sirini aniqlovchi kattalikka aytiladi.*

Biologik dozaning birligi — rentgenning biologik ekvivalenti (ber). 1 ber — istalgan nurlanishning 1 R gamma-nurlanish ko'rsatadigan biologik ta'siriga teng, ionlashtirish qobiliyatiga ega nurlanish dozasi.

SI da biologik dozaning yoki ionlashtiruvchi nurlanish ekvivalent dozasining birligi sifatida SV (sivert) ishlatiladi. $1\text{ sv} = 100\text{ ber}$.

Radiatsiyaning tabiiy foni (kosmik nurlar, atrofdagi jismlar va inson tanasining radioaktivligi) bir yilda $2,5 \cdot 10^{-5}\text{ C/kg}$ atrofidagi biologik dozani tashkil qiladi.

Nurlanish bilan ishlovchilar uchun bir yildagi chegaraviy norma qilib $1,3 \cdot 10^{-3}\text{ C/kg}$ doza belgilangan. Qisqa payt ichida olinadigan $0,15\text{ C/kg}$ biologik doza o'limga olib keladi.



Sinov savollari

1. Radioaktiv nurlanishlar ta'sirida jonli organizmlarda qanday o'zgarishlar ro'y beradi? 2. Bu o'zgarishlar qanday natijalarga olib keladi? 3. Nurdan zararlanish darajasi nimalarga bog'liq? 4. Organizmning nurlanish ta'siriga umumiy reaksiyasi nimalarga bog'liq? 5. Vujudga keladigan ionlashuv nimalarga bog'liq? 6. Tashqi va ichki nurlanishlar ta'sirlari bir-biridan farq qiladimi? 7. Alfa-zarralarning tashqi ta'siri qanday bo'ladi? 8. Nima uchun gamma-nurlanish va neytronlar ta'siri xavfli hisoblanadi? 9. Beta- nurlanish teriga qancha singgadi? 10. Qanday organizm nurlanish ta'sirida tez yemiriladi? 11. Bakteriyaning nurlanishga chidamliligi kattami yoki odamniki? 12. Rivojlanayotgan organizmning nurga sezgirligi qanday? 13. Nurlanish ta'sirida o'sayotgan urug' tez yemiriladimi yoki tinch turganimi? Ko'payayotgan organlar tez

yemiriladimi yoki rivojlangan muskul to'qimasimi? 14. Radioaktiv nurlanish o'simliklar va jonli organizmlarning rivojlanishiga yordam ko'rsatishi mumkinmi? 15. Nurlanish dozasi nimani xarakterlaydi? Nurlanishning ekspozitsion dozasi-chi? 16. SI da nurlanish dozasi qanday birligi ishlatiladi? 17. 1 C/kg nurlanish dozasi deb, qanday nurlanishga aytiladi? 18. Nurlanishning nisbiy biologik koeffitsiyenti nima maqsadda kiritiladi? 19. Uning qiymatlari qanday? 20. Ekspozitsion dozaning sistemaga kirmaydigan birligi ham mavjudmi? 21. Biologik doza deb qanday kattalikka aytiladi? 22. Uning birligi nimaga teng? 23. Radiatsiyaning tabiiy foni nimaga teng? 24. Nurlanish bilan ishlovchilar uchun chegaraviy norma qancha belgilangan? 25. Qanday doza o'limga olib kelishi mumkin?

46-§. O'zbekistonda yadro fizikasi sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar va ularning natijalaridan xalq xo'jaligida foydalanish

Mazmuni: yadro fizikasi sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar; tadqiqotlar natijalaridan xalq xo'jaligida foydalanish.

Yadro fizikasi sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar. O'zbekistonda yadro fizikasi sohasidagi ishlar o'tgan asrning 20- yillarida boshlangan. Lekin muntazam tadqiqotlar 1949- yilda Fizika-texnika institutida yo'lga qo'yilgan. 1956- yilda O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Yadro fizikasi instituti tashkil qilingandan keyin, bu tadqiqotlarni yanada kengaytirish imkoni tug'ildi. Hozirgi paytda *yadro spektroskopiyasi va yadro tuzilishi; yadro reaksiyalari; maydonning kvant nazariyasi; elementar zarralar fizikasi; relativistik yadro fizikasi* va boshqa yo'nalishlar bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Radiatsion fizika va materialshunoslik bo'yicha o'tkaziladigan tadqiqotlar nafaqat fan va texnika, balki xalq xo'jaligi uchun ham muhimdir. Bu yo'nalishda radioaktiv nurlarning yarimo'tkazgichlar, dielektriklar, sopollar, yuqori temperaturali o'ta o'tkazuvchan materiallarning elektr o'tkazuvchanligi, mexanik, optik va boshqa xossalarga ta'siri o'rganilmoqda.

O'zbekistonda yuqori energiyalar fizikasi sohasida olib borilayotgan ishlar ham talaygina. Bunday izlanishlar «Fizika-quyosh» ishlab chiqarish birlashmasining Fizika-texnika institutida, O'zbekiston Milliy universitetining Fizika institutida va Samarqand davlat universitetida olib borilmoqda. Tadqiqotlar asosan

ikki: kosmik nurlar fizikasi va katta energiyagacha tezlashtirilgan zarralar va yadrolarning, nuklonlar va yadrolarning ta'sirlashuvlari yo'nalishlarida olib borilmoqda.

1970- yilda Cherenkov hisoblagichlari asosida zarralarning yadro bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi ulkan qurilma yaratilib, hosil bo'lgan zarralarning xarakteristikalarini o'rganildi.

Tezlashtirilgan zarralar va yadrolar ta'sirlashuvlarini o'rganish maqsadida pufaksimon kameralardan olingan filmli axborotlarni qayta ishlash markazi tashkil qilindi. Markazning samarali tadqiqotlari natijasida komulativ izoborlar hosil bo'lishi o'rganildi va massalari 1903, 1922, 1940, 1951 va 2017 MeV bo'lgan tor, ikki barionli rezonanslar mavjudligi haqida ma'lumotlar olindi.

Quyosh atmosferasida bo'ladigan hodisalar Yerdagi hayotga bevosita ta'sir etishi mumkinligi uchun ham, uni o'rganish sohasidagi tadqiqotlar muhim ahamiyatga egadir. Aynan shuning uchun ham O'zbekiston Fanlar akademiyasining Astronomiya instituti XX asrning 80- yillari o'rtalaridan boshlab fransuz olimlari bilan hamkorlikda, Quyoshning global tebranishini tadqiq etish sohasida keng ko'lamli ishlar olib bormoqdalar.

O'zbek olimlarining yadro fizikasi sohasida olib borayotgan ishlari ko'lamini ancha katta va ularning natijalari xalq xo'jaligida ham muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

Tadqiqotlar natijalaridan xalq xo'jaligida foydalanish. O'zbekistondagi birinchi tadqiqotlarning o'ziyoq bevosita xalq xo'jaligiga aloqador bo'lgan. Bunga U.Orifov tomonidan ishlab chiqilgan «Gamma-nurlar yordamida pilla ichidagi ipak qurtini o'ldirish» usuli misol bo'ladi. Keyinchalik esa suv, tuproq, mevali daraxtlar, yovvoyi va madaniy o'simliklarning tabiiy radioaktivligi o'rganildi.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Yadro fizikasi instituti radioaktiv izotoplar, jumladan, farmatsevtik radioaktiv preparatlar ishlab chiqarish bo'yicha yetakchi tashkilotlardan biri hisoblanadi. Bu yerda 1995- yilda 60 dan ortiq nomdagi mahsulot ishlab chiqarilgan.

Radioaktiv va gamma-nurlarning o'simliklarga ta'sirini o'rganish ham qishloq xo'jaligi, ayniqsa, urug'shunoslik sohasida muhim ahamiyatga ega. O'zbekistondagi g'o'za navlarining radio-

aktiv nurlarga sezgirligini o'rganish, g'o'za seleksiyasida bu usuldan foydalanilayotganligi — yadro fizikasining bevosita ishlab chiqarishga qo'llanilayotganligining yaqqol dalilidir.

Yadro fizikasi sohasidagi tadqiqotlarning tibbiyotda keng qo'llanilayotganligi ham ma'lum. Bunga, ayniqsa, radioaktiv nurlar va zarralar oqimi yordamida rak kasalligini davolashni ham misol sifatida keltirish mumkin. Rentgenologiya va radiologiya sohasidagi dastlabki ishlar ham Yadro fizikasi institutining radiokimyo laboratoriyasi bilan hamkorlikda boshlangan. Natijada radioaktiv izotoplardan foydalanilgan holda yangi tashxis usullari yaratildi. Hozirgi paytda rentgeno-endovaskular xirurgiya, antiografiya, kompyuter tomografiyasi va yadro-magnit rezonanslari ustida tadqiqotlar olib borilmoqda. Yangi rentgenokontrast moddalar («Rekon», «MM-75» preparati va boshqalar) ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi.



Sinov savollari

1. O'zbekistonda yadro fizikasi sohasidagi ishlar qachon boshlangan?
2. Hozirgi paytda qaysi yo'nalishlar bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda?
3. Yuqori energiyalar fizikasi sohasidagi ishlar qayerlarda olib borilmoqda?
4. Ular qanday yo'nalishlar bo'yicha olib boriladi?
5. Quyosh xromosferasini o'rganish bo'yicha tadqiqotlarning qanday ahamiyati bor?
6. O'zbekistonda bu sohada qanday ishlar qilinmoqda?
7. O'zbekistonda bu sohadagi birinchi tadqiqotlar nimalarga bag'ishlangan edi?
8. Yadro fizikasi institutida nimalar ishlab chiqariladi?
9. Radioaktiv nurlarning qishloq xo'jaligida qo'llanilishiga misollar keltiring.
10. Rak kasalini davolash mumkinmi?
11. Rentgenologiya va radiologiya sohasidagi ishlar nimaga asoslangan?
12. Bu sohada erishilgan muvaffaqiyatlar nimalardan iborat?

Test savollari

1. Og'ir yadrolar o'rta yadrolarga aylansa, unda har bir nuklon uchun qanchadan energiya ajralib chiqadi?
A. 200 MeV. B. 1 MeV. C. 4 MeV.
D. 400 MeV. E. 100 MeV.
2. Yadro reaktorining yoqilg'isi sifatida qanday izotoplardan foydalaniladi?

- A. Uran-235. B. Toriy-135. C. Plutoni-239.
D. Uran-239 E. To'g'ri javob yo'q.

3. Nurlanish bilan ishlovchilar uchun bir yildagi chegaraviy norma qilib qancha C/kg doza (Kulon/kilogramm) belgilangan?

- A. 0,15 C/kg. D. $1,3 \cdot 10^{-3}$ C/kg.
B. $1,3 \cdot 10^{-6}$ C/kg. E. $1,5 \cdot 10^{-3}$ C/kg.
C. $1,1 \cdot 10^{-5}$ C/kg.

4. Yengil yadrolar qanday temperaturalarda bitta yadroga birikishlari mumkin?

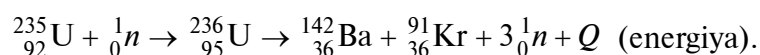
- A. 10^7 K. B. 10^{17} K. C. 10^{15} K.
D. 10^4 K. E. 10^8 K.

5. Ikki protonning birikish reaksiyasi natijasida deytron va neytrino hosil bo'ladi. Bunda yana qanday zarra paydo bo'ladi?

- A. Elektron. B. Neytrino. C. Foton.
D. Pozitron. E. π - mezon.

Bobning asosiy xulosalari

Bo'linish reaksiyasining quyidagicha holi eng ko'p ro'y beradi:



Og'ir yadroning bo'linish zanjir reaksiyasini amalga oshirish va boshqarish imkoniyatini beradigan qurilma *yadro reaktori* deyiladi.

Quyoshdagi reaksiyalar 10^7 K va undan yuqori temperaturalarda ro'y beradi. Shu sababli bunday reaksiyalar *termoyadro reaksiyalari*, yengil yadrolarning qo'shilib og'irroq yadro hosil qilishi esa *termoyadro sintezi* deyiladi.

Quyoshning tuzilishi. Quyoshning 80% dan ortig'ini vodorod atomlari va 18% ini geliy atomlari tashkil etadi.