

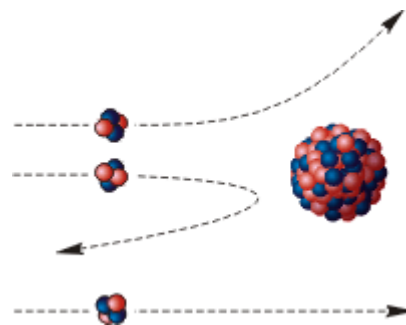
ZARYADLANGAN ZARRALAR TEZLATGICHLARI

(1-qism)

Dots. S.R. Polvonov, dots. Sh.M. Ruzimov, prof. K.A. Tursunmetov, O'zMU

Zaryadlangan zarralarning tezlatgichlari qanday qurilmalar, ularning ishlash tamoyillari va nihoyat, bu qurilmalarning qanday turlari mavjud? degan savollarga javob berishdan oldin bu qurilmalar nimaga kerak? degan savolga javob berishdan boshlaymiz.

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



1-rasm. Alfa zarralarning yadrolarda sochilishi.

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.

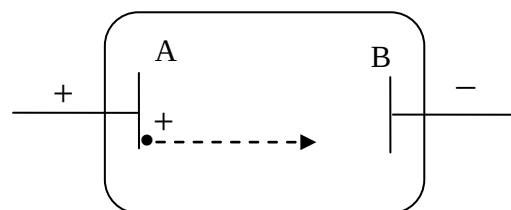
1919- yili E. Rezerford insoniyat tarixida birinchi yadro reaksiyasini amalga oshirdi. Bu reaksiya bir elementni boshqa bir elementga aylantirish reaksiyasi edi. E. Rezerford va uning xodimlari alfa-zarralar bilan bombardimon qiladigan ob'yekt sifatida yengil elementlar olindi. Yengil yadrolarni ob'ekt sifatida olinishga sabab, bu yadrolarda itarish kuchlarining kichikligidir. Ushbu alfa-zarralarning tezligi 19000 km/s teng bo'lgan. E. Rezerford alfa-zarralar ya'ni geliy yadrolari bilan azot atomlarini geliy yadrolari bilan bombardimon qilib, ikkita boshqa element – kislorod va vodorod elementlarini hosil qildi. Bu tajribalarda erishilgan katta yutuqlar bilan birgalikda ushbu yo'lda fiziklar oldidagi turgan jiddiy to'siqni ham yuzaga chiqardi. Alfa-zarralar bilan bombardimon qilganda faqat eng yengil yadrolarnigina boshqa yadrolarga aylantirishga imkon berishi

kuzatiladi. Radioaktiv elementlar chiqarayotgan eng tez alfa-zarralarning tezligi 19000 km/s atrofida bo'lib, u ham ko'pchilik yadrolarning elektrostatik itarish kuchlarini yenga olish uchun yetarli emas ekan. Yadro mustahkam himoya bareri (to'siqi) bilan o'ralgan bo'ladi. Bu barerni muvaffaqiyatli yengib o'tish uchun tabiiy radioaktiv manbalar chiqarayotgan alfa-zarralarga nisbatan kuchli snaryadlar zarur.

Birinchi yadro artilleriyalarining yana bir kamchiliklaridan biri, “snaryad” otish tezligining(vaqt birligida chiqayotgan “snaryadlar”ning sonini) kichikligidir, ya'ni. manbalar tomonidan chiqarayotgan alfa-zarralar oqiminig intensivligi yetarli emas ekan. Bunga sabab yadro parchalanishi sust hodisadir. Mazkur hodisa yuz berish uchun alfa-zarra yadro bilan to'qnashishi zarur, bu hodisa juda kam yuz beradi. Chunki, atom deyarlik bo'sh bo'lib, bunda yadro uning juda oz hajmini tashkil etadi. Nishonni yadro snaryadi bilan bombardimon qilganda, ular ko'pchilik qismi atom orqali yadroga tegmasdan ham o'tib ketadi. Hisoblashlar shuni ko'satadiki, qalindligi mikrondan(1 mikronq) oshmagan qattiq nishonga kelib tushayotgan million alfa-zarradan bittasigina yadroga tushishi mumkin ekan.

Shunday qilib, tabiiy radioaktiv manbalar chiqarayotgan alfa-zarralarning yetarli energiyaga va intensivlikka ega emasligi yadro fizikasining rivojlantirishini tormozladi. Katta quvvatli “snaryadlar” zarur bo'lib qoldi. Xo'sh, ularni qanday olish mumkin? Olimlar mazkur “snaryadlar”ni olish uchun zaryadlangan zarralarni elektr maydoni ta'sirida katta tezliklargacha tezlatish orqali hosil qilishni o'rgandilar.

Zaryadlangan zarralarni tezlatish tamoyillari bilan tanishib chiqamiz. A va V plastinkalar orasida katta potenciallar hosil qilingan bo'lsin (2-rasm). A plastinka yaqinida joylashgan musbat zaryadlangan zarra elektr maydon ta'siri ostida V plastinka tomon harakatlanadi va manfiy zaryadlangan V plastinkaga yetib boradi, agarda A va V plastinkalar orasida vakuum hosil qilinsa. Elektr maydon ta'sirida elektronlarni tezlatish



2-rasm. Zaryadlangan zarralarni tezlatish prinsipi.

hodisasi bilan tanishmiz. Masalan, televizor ekranida tezlatilgan elektronlar ta'sirida tasvir hosil bo'ladi. Xuddi shunday doimiy elektr maydonida elektronlarni tezlatish rentgen trubkasida ham yuz beradi. Zarra A dan V ga harakatlanish davomida ma'lum bir kinetik energiyaga ega bo'ladi, ya'ni,

$$E_k = q \cdot U.$$

(1)

Bu yerda q - zarra zaryadi, U – zarra o'tgan potentsiallar farqi.

Atom va yadro fizikasida zarra energiyasini elektronvoltlarda o'lchash qabul qilingan. Elektronvolt - bu zaryadi elektron zaryadiga teng bo'lgan zarra 1 volt kuchlanishlar farqini o'tganda ega bo'ladigan energiyadir ya'ni

$$E = q \cdot U = e \cdot U = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl} \cdot 1V = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joul}.$$

(2)

Bu yerda e - elektron zaryadi bo'lib, u $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ ga teng. Energiyaning katta o'lchov birliklari ham mavjud bo'lib, ular quyidagiga teng:

$$1 \text{ keV} = 1000 \text{ eV},$$

$$1 \text{ MeV} = 1000 \ 000 \text{ eV},$$

$$1 \text{ GeV} = 1000 \ 000 \ 000 \text{ eV},$$

Elektronvolt bu makraskopik o'lchamlarda juda kichik qiymatdir. Hattoki, massasi 0,01 milligram bo'lgan chang zarrachasi atiga 10 sm/s tezlikda $5 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ kinetik energiyaga yoki 300 MeV energiyaga ega bo'ladi.

Atom o'lchamidagi hodisalar tavsiflashda elektronvoltlar juda qulaydir. Tashqi elektronlarning bog'lanish energiyasi deyarlik ko'pchilik atomlarda bir xil bo'lib, u bir nechta elektronvoltni tashkil qiladi. Ko'rinadigan nurlar fotonlari taxminan 2 elektronvolt energiyaga ega bo'ladilar. Bir elektronvolt energiya bizga juda kichik bo'lib ko'rinadi, sababi, biz juda katta miqdorda atomlardan tashkil topgan jismlar bilan ish ko'rishga o'rganib qolganmiz. Bizga ma'lumki, bir mol moddada tassavur qilib bo'lmaydigan miqdorda, ya'ni $6 \cdot 10^{23}$ ta molekula bor. Makroskopik jism energiyasining elektronvoltlarga nisbatan shunchalik kattaligiga sabab ular atom nuqtai nazaridan juda katta jismlarga xosligidadir.

Yadro reaksiyalarida biz juda katta energiyalar bilan ish ko'ramiz. Yadrodagi proton va neytronlarning bog'lanish energiyasi bir necha megaelektronvolt (MeV) tashkil qiladi. Radioaktiv yadrolardan chiqayotgan eng tez α -zarralar energiyasi 10 MeV dan katta bo'lmagan energiyaga ega bo'ladi.

Shunday qilib, katta energiyaga ega bo'lgan zarralarni olish uchun ularning manbaini juda kuchli elektr maydoniga joylashtirish zarur. Tezlatgichlarni ya'ni, katta tezlikka ega bo'ladigan zaryadlangan zarralar olish uchun qo'llaniladigan qurilmalarning yaratuvchilari xuddi shu yo'lni tanlashdi.

Birinchi tezlatgichlar ikkita asosiy qismdan, ya'ni, yuqori kuchlanish qurilmasidan va ichida zarralarni tezlatadigan yuqori voltli vakuum trubkasidan iborat bo'lgan. Vakuum trubkasi yaxshi izolyatsion xususiyatga ega bo'lgan materiallardan, ya'ni shisha farfor yoki keramikadan yasalgan. Ular uchlarida elektrodlarga qo'yiladigan bir necha million volt kuchlanishlarga bardosh berishi zarur. Vakuum trubkasida yuqori vakuum olish har bir tezlatgich yaratishda muhim masala hisoblanadi. Havoni so'rib chiqarish ikkita pog'onada amalga oshiriladi. Boshida mexanik markazdan qochma nasoslar bosimi 10^{-2} - 10^{-3} mm Hg bo'lgan sayrakashishni yaratadilar. Keyin yuqorivakuumli deb nomlangan nasoslar ishga tushadilar va zarur bo'lgan vakuumni (10^{-5} - 10^{-6} mm Hg) hosil qiladilar. Bunday yuqori darajadagi vakuumga erish uchun tabiiy ravishda yaxshi zichlashtirish (oraliq va tirqishlarni yaxshi zichlab bekitish) va vakuum holatini nazorat qiluvchi tizimni yaratishni talab qiladi.

Musbat zaryadlangan zarralarni tezlatganda ionlar manbai musbat elektrod yaqiniga joylashtiriladi (rasm). Ionlarni gazsimon element atomlarini (masalan, protonlarni tezlatganda vodorodni yoki α -zarralarni tezlatilganda geliy atomlarni) cho'g'langan metall toladan chiqayotgan elektronlar bilan bombardimon qilib olinadi. Hosil bo'lgan ionlar manbadan elektr maydon yordamida tortib olinadi.

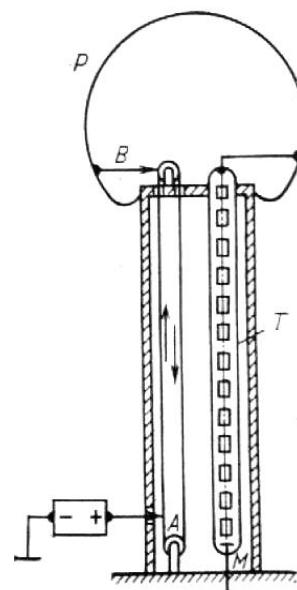
Vakuum trubkada yuqori kuchlanish qo'yilgan asosiy ikkita elektroddan tashqari qator oraliq elektrodlar mavjud bo'ladi. Kuchlanish bo'lgich yordamida har bir oraliq elektrodlarga to'liq kuchlanishning ma'lum bir bo'lagi qo'yiladi. Oraliq elektrodlar qurilmasi trubka o'qi bo'ylab ancha tekis potensial tushishiga

imkon beradi va ular uchlarida razryadlar hosil bo'lishini bartaraf etadi. Shu bilan oraliq elektrodning roli tugamaydi. Ular yana bir o'ta muhim masalani hal qilishga yordam beradilar.

Ionlarga tezlatuvchi vakuum trubkasi bir necha metr uzunlika ega bo'ladi. Manba chiqargan ionlarning hammasi yoki hech bo'lmaganda katta qismi tezlatgich trubkasining har qanday konstruksiyasida ham hamma yo'lni muvaffaqiyatli bosib o'tadi deb aytish mumkinmi? Afsuski, yo'q! Ionlar yo'lida to'siq bo'lishi mumkin bo'lgan trubkada qolgan gaz molekulalari bo'lib, ular ionlarning harakat yo'nalishini o'zgartiradi. Bundan tashqari ionlar bir xil zaryadga ega bo'lganligi uchun ular bir biridan qochishadi(o'zaro itarilashadi). Yana shu ham ahamiyatga egadirki, har qanday zarralar manbaidan yoyiluvchi bir nechta dastalar chiqadi. Bu sabablarning hammasi tezlatgichda zarralarni siqish yoki boshqacha aytganda, fokusirovka qilish bo'yicha maxsus choralarni ko'rishni talab qiladi.

Yuqorida ko'rilgan vakuum ion trubkalarida zarralarni fokusirovka qilish oraliq elektrodlar orasidagi tirqishlarda yuz beradi. Zarralar elektrodning ichida harakatlanganda elektr maydon ta'siriga uchramaydi, binobarin, tezlatilmaydi. Zarralar faqat tirqishlar orasidan o'tgandagina tezlanish oladi.

Biz yuqorivoltli tezlatgichning elementlaridan bittasi bo'lgan vakuum trubkasini ko'rib chiqdik. Zarralarni tezlatish uchun trubkaga yuqorivoltli kuchlanish qo'yilishi kerak. Bunday kuchlanish yoki potensiallar farq manbai sifatida kaskad generatori, Van-de-Graaf generatori, impulsli generatori, impulsli transformator va boshqalar ishlatiladi. Zarralarni doimiy elektr maydoni ta'sirida tezlatadigan tezlatgichlarni bevosita ta'sir tezlatgichlari deyiladi. Ushbu qurilmalarda tezlashayotgan zarralar trayektoriyasi to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lgani uchun ularni bevosita ta'sir chiziqli tezlatgichlari deyiladi. Ayrim hollarda bunday tezlatgichlarni elektrostatik chiziqli tezlatgichlar deb ham aytiladi. Bunday



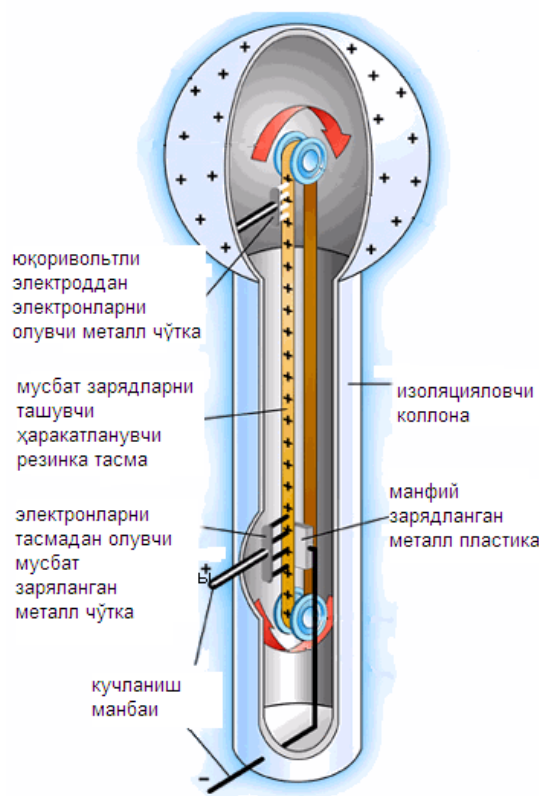
tezlatgichlarda zarralarga energiya doimiy potentsiallar ayirmasi katta bo'lgan oraliqdan bir marta o'tganda beriladi. Biz elektrostatik chiziqli tezlatgichlardan biri bo'lgan va amaliyotda keng tarqalgan Van-de-Graaf generatori ishlash prinsipi bilan tanishib chiqamiz.

Van-de-Graaf generatori. 1926-yilda Van-de-Graaf ortiqcha zaryadlarning o'tkazgich tashqi sirtida joylashiga asoslangan elektrostatik generator konstruksiyasini taklif etadi. O'zining tuzilishi bo'yicha bu qurilma maktablarda fizikadan tajribalar o'tkazish uchun qo'llaniladigan elektrostatik mashinani eslatadi. Chiziqli tezlatgichlardan biri bo'lgan Van-de-Graaf elektrostatik generatori sxemasi 3-rasmda keltirilgan. Zarralarni tezlatish T tezlatgich trubkasida amalga oshiriladi. Trubka ichida elektroizolyatorlardan (shisha, farfor) tayyorlangan I ionlar manbai va trubkasimon (naysimon) elektrodlar sistemasi joylashgan. Elektrodlar bitta chiziqda va bir-biridan uncha katta bo'lmagan masofada joylashgan. Elektrodalarning bir uchi tomonida I ionlar manbai va ikkinchi uchining oxirida tekshiriladigan materialdan tayyorlangan M nishon joylashadi. Tezlatgich trubkasi ichida bosimi 10^{-5} mm Hg bo'lgan vakuum hosil qilingan. Bu esa, tezlatilgan ionlarning havo molekullari bilan to'qnashishiga va elektrodlar orasida gaz razryadi hosil bo'lishiga imkon bermaydi.

Tezlatgich trubkasiga qiymati $8 \cdot 10^6$ V gacha bo'lgan yuqori kuchlanish beriladi. U ketma-ket ulangan qarshiliklar sistemasi orqali ion manbai, trubkasimon elektrodalr va nishon oralarida tekis taqsimlandi.

Tezlatilishi kerak bo'lgan ionlar ion manбайдan birinchi elektrodning ichiga tushadi. Ionlar manbai va birinchi elektrod orasidagi tirqishda ionlar birinchi energiya porsiyasini oladi. Trubkasimon elektrodلarning ichida elektr maydon bo'lmaganligi uchun ionlar inersiya bo'yicha harakatlanadi. Keyingi energiya porsiyasini ionlar birinchi va ikkinchi elektrodlar orasidagi tirqishda oladilar va h.k. Nishonga tushayotgan zarralar $E = qU \rightarrow B$ energiyagacha tezlatiladi.

Yuqori kuchlanish quyidagi usul bilan olinadi. Zaryadlar maxsus taroq orqali past voltli generatoridan elektroizolyatorli materialdan tayyorlangan tasmadagi A nuqtaga beriladi (3-rasm). Xuddi shunday ikkinchi taroqning V nuqtasidan zaryadlar olinadi va metall yarimsfera – koduktor R ga beriladi. Zaryadlar tashqi sirtga to'planib, konduktordagi kuchlanishni $(5 \div 8) \cdot 10^6$ V gacha ko'taradi va tezlatgich trubkalariga beriladi. Tezlatgichning ishlash prinsipi 4-rasmda ko'rgazmali tavirlangan. Bu yerda ham yaqqol ko'rinib turibdiki, baland kollona(ustun) orqali yerdan izolyatsiyalangan katta ich bo'sh shar



4-rasm. Van-de Graafelektrostatik generatorining ishlash prinsipi.

(3-rasmda R) sirtiga asta-sekin zaryad to'plana boshlaydi. Ushbu zaryadlarni sharning ichki sirtiga rezinka, qog'oz yoki ipakdan bo'lgan cheksiz tasma yordamida yetkazib beriladi. Rasmda ko'rinib turibdiki, zaryadlar tez harakatlanayotgan tasmaga metall cho'tka (taroqqa o'xshash) bo'yicha tushadi va shu yo'l bilan tasmadan olinadi. Bu zaryadlar sharning sirti bo'yicha yoyilib ketadi. Xush ushbu usul bilan cheksiz katta potensial olish mumkinmi? Buning iloji yo'q. Sababi, yuqori kuchlanishlarda shar bilan uni o'rab turgan predmetlar orasida chaqnash yuz beradi.

Yirik elektrostatik generatorlardan biri 1937- yilda Xarkov shahrida qurilgan bo'lib, u diametri 10 m atrofidagi shardan iborat bo'lgan. 4-5 million volt kuchlanish zarralarni tezlatuvchi o'n metrli vakuum trubkasiga berilgan. Keyingi yillarda elektrostatik generatorning o'lchamlari sezilari ravishda qisqartirilgan. Bunga butun tezlatgichni siqilgan gaz (azot, freon) atmosferasiga joylashtirish

hisobiga amalga oshiriladi. Bir necha atmosferadagi gaz bosimi elektr chaqnashlarga qarshi qurilma chidamligini oshiradi.

Van-de-Graaf elektrostatik generatorining asosiy kamchiliklaridan biri bo'lib, zarralar dastasi energiyasining qat'iy chegaralanganligidir. Ushbu generatorning asosiy ustunligi bu zarralar dastasining yuqori monoxromatikligi va ular energiyasini yengil rostlash imkoniyatidir. Shuning uchun ham Van-de-Graaf generatori past energiyalarda tadqiqotlar olib borishda keng qo'llaniladi.

2004- yilda mamlakatimizning O'zbekiston Milliy universiteti Amaliy fizika ilmiy tadqiqotlar institutida EG-2 SOKOL elektrostatik tezlatgichi ishga tushirildi. Mazkur tezlatgichda protonlar 2 MeV energiyagacha tezlatiladi. Hozirgi kunlarda bu tezlatgichda fundamental va amaliy tadqiqotlar olib borilmoqda.