

QAZAQ JOURNAL OF YOUNG SCIENTIST

2026, Vol.4, No. 5 (May)

<https://qazaqjournal.kz/>



ӘОЖ 621.384.6

ЭЛЕКТРСТАТИКАЛЫҚ ОСЬТІ-СИММЕТРИЯЛЫ АУЫТҚУШЫ ӨРІСКЕ ИЕ СЕКТОРЛЫҚ ДЕФЛЕКТОРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Ерболатов Мақсат Жанатұлы

1 курс магистрант, "Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті" КеАҚ

Ғылыми жетекшісі: Физика және нанотехнологиялар кафедрасының профессоры, PhD докторы Қамбарова Жанар Тұрсыновна

Мақалада зарядталған бөлшектер шоғын берілген бұрышқа дәл бұруға арналған электрстатикалық осьті-симметриялы ауытқушы өріске ие секторлық дефлекторды әзірлеудің ғылыми-техникалық негіздері қарастырылады. Зерттеу логикасы иондық және электрондық оптикадағы өріс геометриясын, секторлық электродтар жүйесін, бөлшек траекториясын тұрақтандыру шарттарын және сандық модельдеу нәтижелерін талдауға құрылған. Жұмыста дефлектордың құрылымдық сұлбасын таңдауда электрод пішіні, потенциалдар айырмасы, кіріс-шығыс саңылаулары, вакуумдық орта және шоқтың энергия тұрақтылығы негізгі параметр ретінде алынды. Әдебиеттер талдауы 2022 жылдан кейін жарық көрген қазақстандық және ресейлік авторлардың еңбектеріне сүйенеді. Нәтижелер бөлімінде секторлық дефлекторды масс-спектрометрияда, зарядталған бөлшектер анализаторында, зертханалық электрон-иондық қондырғыларда қолдану мысалдары берілді. Мақаланың практикалық құндылығы – шағын өлшемді, реттеуге ыңғайлы және траекториялық дәлдігі жоғары дефлектор жобасын ұсыну.

Кілт сөздер: электрстатикалық өріс, секторлық дефлектор, осьті-симметрия, зарядталған бөлшек, иондық оптика, электрондық оптика, траектория, сандық модельдеу.

Кіріспе

Зарядталған бөлшектер шоғын басқару мәселесі электрондық және иондық оптикада ерекше орын алады. Электрон, ион немесе плазмалық бөлшек ағыны вакуумдық камера ішінде еркін қозғалмайды, оның бағыты, энергиясы, фокусталуы және детекторға түсу дәлдігі сыртқы электрстатикалық өріске тәуелді. Секторлық дефлектор дәл сондай басқару тораптарының бірі ретінде қолданылады. Оның міндеті – бөлшек шоғын механикалық қозғалыссыз, тек электродтарға берілген потенциал арқылы белгілі бұрышқа ауытқыту. Мұндай тәсіл масс-спектрометрияда, электрондық микроскопияда, ғарыштық плазма анализаторларында, ядролық-физикалық қондырғыларда және вакуумдық диагностика жүйелерінде қажет.

Зерттеудің өзектілігі секторлық дефлекторлардың өлшеу дәлдігі мен аспаптың жалпы сезімталдығына тікелей әсер етуімен түсіндіріледі. Егер дефлектордағы өріс біркелкі қалыптаспаса, бөлшек траекториясы есептелген радиустан ауытқиды, шоқ шашырайды, детекторға түсетін сигнал әлсірейді. Ал осьті-симметриялы ауытқушы өріс бөлшектерді кеңістікте тұрақтырақ бағыттап, фокусталу сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Өзірленетін құрылғы қарапайым жазық пластиналы дефлекторға қарағанда күрделірек, бірақ оның артықшылығы – өрісті геометриялық тұрғыдан басқаруға, шоқтың абберациясын азайтуға және энергиясы әртүрлі бөлшектерді тиімді ажыратуға жол ашады.

Мақсаты – электрстатикалық осьті-симметриялы ауытқушы өріске ие секторлық дефлектордың құрылымдық және физикалық негізін әзірлеу, оның траекториялық тұрақтылығын бағалау және қолдану мүмкіндігін көрсету. Зерттеу міндеттері ретінде секторлық дефлектордың жұмыс принципін сипаттау, электродтар геометриясын негіздеу, зарядталған бөлшек қозғалысына әсер ететін параметрлерді талдау, сандық модельдеу арқылы өріс таралуын бағалау, тәжірибелік қолдану бағыттарын нақтылау алынды. Зерттеу объектісі – электрстатикалық өрісте қозғалатын зарядталған бөлшектер шоғын ауытқытатын секторлық дефлектор. Зерттеу пәні – осьті-симметриялы секторлық өрістің бөлшек траекториясына, фокусталуына және энергия бойынша ажыратымдылығына ықпалы.

Теориялық маңызы электрстатикалық өрістің геометриялық конфигурациясы мен бөлшек қозғалысы арасындағы байланысты нақтылаудан көрінеді. Практикалық маңызы – ұсынылған жобалық шешімді зертханалық масс-анализаторларда, иондық шоқты бағыттау жүйелерінде, электрондық-оптикалық стендтерде және шағын вакуумдық аспаптарда қолдануға болатынында. Жаңалығы секторлық дефлекторды қарапайым ауытқытқыш элемент ретінде емес, осьті-симметриялы өріс арқылы шоқ сапасын сақтайтын электрон-иондық оптикалық торап ретінде қарастырумен байланысты.

Әдістер

Зерттеу әдістемесі теориялық талдау, салыстырмалы әдеби шолу, электродтар геометриясын жобалау, өріс таралуын математикалық сипаттау және траекториялық модельдеу тәсілдеріне сүйенді. Алдымен дефлектордың негізгі геометриялық параметрлері анықталды: сектор бұрышы, орташа радиус, электродтар арақашықтығы, кіріс және шығыс саңылау ені, электрод бетінің қисықтық радиусы. Мұнда басты талап – зарядталған бөлшек шоғын берілген бұрышқа бұрғанда оның көлденең қимасын мүмкіндігінше сақтап қалу.

Электрстатикалық өріс үшін Лаплас тендеуіне негізделген есептеу сұлбасы алынды. Вакуумдық ортада көлемдік заряд әсері әлсіз деп қабылданса, потенциал таралуы электрод беттеріндегі шекаралық шарттар арқылы анықталады. Ішкі электродқа теріс немесе төмен потенциал, сыртқы электродқа жоғары потенциал беріледі. Зарядталған бөлшек өріске кіргенде центрге бағытталған электр күші пайда болады, ал бөлшек жылдамдығы мен энергиясына қарай траектория сектор ішінде қисық сызықпен жүреді. Модельдеуде бөлшектің бастапқы энергиясы, кіріс бұрышы, бастапқы координатасы және потенциалдар айырмасы өзгермелі параметр ретінде қарастырылды.

Конструкциялық тұрғыда дефлектор екі қисық секторлық электродтан, диэлектрлік оқшаулағыш тіректерден, кіріс-шығыс коллиматорларынан және вакуумдық бекіту түйіндерінен тұрады. Электрод материалы ретінде электрөткізгіштігі жоғары, беттік өңдеуге төзімді металл алынады. Бет кедір-бұдырлығы аз болғаны дұрыс, өйткені микрошеттер өрістің жергілікті күшеюіне әкеліп, разряд қаупін арттырады. Практикалық үлгіде электрод беті жылтыратылып, шеттері домалақтанады. Мұндай шешім жоғары кернеулі аймақта өрістің бір нүктеге шоғырлануын төмендетеді.

Әдебиеттерді талдау

Төменвольтты миниатюрленген электрондық-оптикалық жүйелер жөніндегі С. О. Вересов шолуында шағын электрондық бағаналарда микролинзалар, микроауытқытқыштар және дәл фокустайтын элементтер біртұтас жүйе ретінде қарастырылатыны көрсетіледі. Автордың еңбегіндегі негізгі ойды жинақтасақ, «төмен энергиялы бөлшек шоғын басқаруда электрод өлшемі кішірейген сайын өріс геометриясының қателігі күшейеді» деген тұжырым шығады [1,42]. Секторлық дефлекторды әзірлеуде пікір маңызды: шағын құрылғыда тек потенциалды есептеу жеткіліксіз, электродтардың нақты жасалу дәлдігі де есепке кіреді. Мысалы, электрод аралығы 2 мм деп жобаланып, нақты құрастыруда 0,1 мм ауытқу кетсе, өріс симметриясы бұзылады. Демек, дефлектор жобасы механикалық дәлдік пен электрлік тұрақтылықты бірге қамтуы керек.

Масс-спектрометриялық аспап жасаудағы отандық тәжірибені талдаған И. Р. Галль, В. Д. Саченко және Н. Р. Галль еңбегі иондық-оптикалық тораптардың ұзақ эволюциясын көрсетеді. Еңбекте масс-анализатордың ажыратымдылығы

мен сезімталдығы ион көзі, анализатор өрісі және тіркеу жүйесінің үйлесіміне тәуелді екені айқын беріледі. Авторлар тұжырымын мақаланың пәніне жақындатқанда, «масс-спектрометрде ионды қалыптастыру мен бағыттау бір-бірінен бөлек қаралмайды, аспаптың нәтижесі бүкіл иондық-оптикалық жолдың сапасына тәуелді» деген ой алынады [2,53]. Секторлық дефлектор да сондай жолдың аралық буыны. Егер шоқ ион көзінен дұрыс шықса, бірақ дефлектор ішінде шашыраса, соңғы спектр сапасы төмендейді. Сол себепті дефлекторды жеке электрод емес, аспаптың толық траекториялық арнасының бөлігі ретінде жобалау қажет.

Осьті-симметриялы біртекті емес өріс негізіндегі зарядталған бөлшектер энергия анализаторы туралы Ж. Т. Камбарова, А. О. Саулебеков және С. С. Қасымов мақаласы зерттеліп отырған тақырыпқа тікелей жақын. Авторлар цилиндрлік өріс пен көпполюсті өрісті суперпозициялау арқылы электрондық-оптикалық сұлба құрып, жоғары ажыратымдылық пен тиімді жарықтылықты біріктіру мүмкіндігін көрсетеді. Еңбектің негізгі мазмұны «осьті-симметриялы біртекті емес өріс зарядталған бөлшектерді талдауда жоғары ажыратымдылық пен қабылдау қабілетін қатар қамтамасыз ете алады» деген ғылыми тұжырымға келеді [3,79]. Секторлық дефлектор үшін мұндай идея өте құнды. Егер дефлекторда қарапайым радиалды өріс қана емес, қосымша түзетуші өріс компоненттері қолданылса, шоқтың шеткі бөлшектері негізгі траекториядан аз ауытқиды. Мысалы, 90 градусқа бұрылатын секторда кіріс бұрышы 1–2 градусқа өзгерген бөлшектерді бір фокустық аймаққа жинау үшін электрод пішінін тек доға түрінде емес, аздап түзетілген профильмен жасауға болады.

Резонанстық электрон қармау және энергетикалық сүзгі қолданылған тәжірибені сипаттаған А. И. Лукин бастаған авторлар жұмысы секторлық дефлектордың қолданбалы жағын түсіндіреді. Жұмыста энергетикалық сүзгі арқылы беткі және көлемдік иондық процестерді ажырату қарастырылған. Авторлар тәжірибе сұлбасында «энергетикалық фильтр ион көзіндегі процестерді бөлуге және сигналдың шығу табиғатын нақтылауға көмектеседі» деген мазмұн береді [4,51]. Дефлектор әзірлеуде мұндай тәсіл бөлшек энергиясын таңдауға қатысты. Егер секторлық ауытқушы өріс белгілі энергия диапазонын ғана тұрақты өткізсе, онда ол қарапайым бұру құрылғысынан энергетикалық іріктеу элементіне айналады. Мысалы, 1 кэВ энергиялы иондар есептік радиуспен өтсе, 0,8 кэВ бөлшектер ішкі электродқа жақындайды, 1,2 кэВ бөлшектер сыртқы аймаққа ығысады. Практикада шығыс саңылауын дұрыс орналастыру арқылы қажет энергиялы бөлшектер ғана детекторға жіберіледі.

Электр және магнит өрістерін интегралдық теңдеулер арқылы есептеу әдісін ұсынған Ю. Плугатар, Д. Филиппов, В. Чабанов, А. Казак және бірлескен авторлар жұмысы сандық есептеудің маңызын ашады. Авторлар өткізгіш денелер әсерінен бұзылған электрстатикалық өрістерді есептеу үшін бірінші текті интегралдық теңдеулерді қолданады. Еңбекте «өткізгіш денелер маңындағы өрісті есептеу құрылғыны оңтайландыруға мүмкіндік береді» деген

мазмұн нақты беріледі [5,366]. Секторлық дефлекторда электродтың өзі ғана емес, бекітпе, экран, коллиматор, вакуумдық фланец те өріс таралуына әсер етеді. Қағаздағы идеал сұлбада өріс радиалды көрінуі мүмкін, бірақ нақты камера ішінде металл бұрандалар мен жақын орналасқан экрандар потенциал сызықтарын бұзады. Интегралдық есептеу немесе шектік элементтер әдісі сол бұзылыстарды алдын ала көруге көмектеседі.

Нақты осьті-симметриялы электрстатикалық айналар үшін траекториялық талдау бағдарламасын сипаттаған З. С. Саутбекова мен А. А. Трубицын еңбегі модельдеуді аспап жасаудың негізгі кезеңіне шығарады. Авторлар FOCUS CPM бағдарламасы арқылы нақты электрстатикалық жүйелердегі бөлшек траекториясын есептеу әдістерін қарастырады. Еңбектің мәнін қысқаша берсек, «нақты геометриядағы электрстатикалық жүйені траекториялық модельдеу тәжірибелік үлгі жасалғанға дейін оптикалық қасиеттерді бағалауға жол ашады» деген тұжырым шығады [6,92]. Секторлық дефлектор үшін бағдарламаға ұқсас есептеу ортасы қажет: алдымен өріс картасы алынады, кейін әртүрлі бастапқы энергия мен бұрыштағы бөлшектер жіберіледі. Нәтижесінде қай бөлшек шығыс саңылауына жетеді, қайсысы электродқа соғылады, қайсысы фокустық аймақтан ауытқиды – бәрі алдын ала көрінеді.

Нәтижелер

Әзірленген секторлық дефлектордың жұмыс сұлбасы 60–120 градус аралығында ауытқуға бейімделген. Негізгі нұсқа ретінде 90 градус сектор таңдалды, себебі зертханалық аспаптарда шоқ бағытын тік бұрышпен бұру ыңғайлы: ион көзі, дефлектор және детектор бір камерада жинақы орналасады. Орташа радиус үлкейген сайын траектория тұрақтырақ болғанымен, аспап өлшемі ұлғаяды. Сондықтан радиус пен электрод аралығы арасындағы қатынас жобаның басты келісімі ретінде қаралды.

Модельдік есептеулер дефлектордың тұрақты жұмыс істеуі үшін кіріс коллиматорының рөлі жоғары екенін көрсетті. Кең кіріс саңылауы шоқ қарқындылығын арттырады, бірақ траекториялық шашырауды көбейтеді. Тар саңылау ажыратымдылықты жақсартады, алайда сигнал азаяды. Практикалық сұлбада реттелетін коллиматор қолдану тиімді: бастапқы баптауда кең режим, дәл өлшеуде тар режим таңдалады.

Электрод пішіні бойынша ең қолайлы шешім – ішкі және сыртқы беттері концентрлік сектор түрінде жасалған, шеттері жұмырланған қос электрод. Шеткі аймаққа түзетуші сақина немесе экран қою өріс сызықтарының үзілуін азайтады. Кіріс және шығыс бөліктерде өріс кенет басталмай, біртіндеп қалыптасуы үшін қысқа өтпелі аймақ қарастырылды. Мұндай шешім бөлшектің секторға кірген сәтіндегі бұрыштық қателікті төмендетеді.

Тәжірибелік қолдану жағынан дефлектор үш бағытта тиімді. Біріншіден, масс-спектрометриялық арнада энергиясы белгілі иондарды таңдап өткізуге болады. Екіншіден, электрондық сәуле диагностикасында шоқты детекторға бағыттау немесе уақытша өшіру қызметін атқарады. Үшіншіден, оқу-

зертханалық стендте зарядталған бөлшектердің электр өрісіндегі қозғалысын көрсетуге арналған көрнекі модуль ретінде қолданылады. Мысалы, студенттер потенциал айырмасын өзгертіп, шоқтың детектордағы орны қалай жылжитынын бақылай алады. Бұл физикалық заңды формула деңгейінде емес, аспаптық тәжірибе арқылы түсіндіреді.

Талқылау

Секторлық дефлекторды әзірлеуде басты қиындық – теориялық идеал өріспен нақты жиналған құрылғы өрісінің сәйкес келмеуі. Металл бетінің өңделуі, оқшаулағыштың орналасуы, вакуумдық камера қабырғасының жақындығы, жоғары кернеу көзіндегі пульсация – бәрі траекторияға әсер етеді. Сондықтан жобалау тек сызба жасаумен шектелмейді. Әр параметрді тәжірибелік реттеу мүмкіндігі алдын ала енгізілуі керек.

Практикалық тұрғыдан дефлекторды баптау бірнеше кезеңмен жүргізіледі. Алдымен төмен кернеуде электрлік оқшаулау тексеріледі. Кейін электрон немесе ион шоғын әлсіз ток режимінде жіберіп, детектордағы із орны анықталады. Потенциал біртіндеп көтеріліп, шоқтың сектор бойымен өту тұрақтылығы бағаланады. Егер детектордағы дақ созылып кетсе, кіріс бұрышы немесе коллиматор ені түзетіледі. Егер сигнал жоғалса, бөлшектердің электродқа соғылуы ықтимал, ондайда радиус, кернеу немесе бастапқы энергия қайта қаралады.

Дефлекторды нақты аспапқа енгізгенде қауіпсіздік мәселесі де ескеріледі. Жоғары кернеулі электродтар вакуум ішінде тұрса да, монтаж кезінде қалдық заряд сақталуы мүмкін. Қорғаныш резисторлары, жерге қосу тізбегі, кернеуді баяу түсіру жүйесі міндетті түрде қажет. Оқшаулағыш материал вакуумда газ шығармайтын, қызғанда деформацияға ұшырамайтын болуы керек. Керамика, фторопласт немесе арнайы вакуумдық полимерлер қолданылуы мүмкін, бірақ соңғы таңдау кернеу деңгейіне және температуралық режимге тәуелді.

Зертханалық прототип үшін ең дұрыс жол – алдымен қарапайым секторлық геометрияны жасау, кейін түзетуші элементтер қосу. Бірінші кезеңде құрылғы шоқты қажетті бұрышқа бұра алуы тексеріледі. Екінші кезеңде энергия бойынша іріктеу қабілеті бағаланады. Үшінші кезеңде шеткі өрісті түзету арқылы ажыратымдылық өсіріледі. Мұндай сатылы жұмыс артық шығынды азайтады, себебі күрделі электродты бірден жасау қателікке әкелуі мүмкін.

Қорытынды

Электрстатикалық осьті-симметриялы ауытқушы өріске ие секторлық дефлектор зарядталған бөлшектер шоғын дәл бағыттауға, энергия бойынша ішінара таңдауға және электрон-иондық оптикалық арнаның тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді. Жобалау кезінде электрод геометриясы, потенциалдар айырмасы, шоқтың бастапқы энергиясы, коллиматор өлшемі және шеткі өріс әсері бір жүйе ретінде қарастырылуы керек. Әдебиеттер талдауы кейінгі жылдары осьті-симметриялы өрістер, энергия анализаторлары, масс-спектрометриялық аспаптар және сандық траекториялық модельдеу

бағытында қазақстандық және ресейлік авторлар еңбегі белсенді дамып келе жатқанын көрсетті. Ұсынылған дефлектор сұлбасы зертханалық құрылғы, масс-анализатордың аралық торабы немесе оқу-тәжірибелік стенд ретінде пайдалануға жарайды. Алдағы жұмыс электродтардың нақты өлшемдерін есептеу, үшөлшемді өріс картасын алу, вакуумдық прототип жасау және тәжірибелік шокпен сынақ жүргізу бағытында жалғасуы тиіс.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Вересов С. О. Низковольтные миниатюризированные электронно-оптические системы: обзор // Журнал технической физики. – 2025. – Т. 95, № 4. – С. 41–56. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nizkovoltnye-miniaturizovannye-elektronno-opticheskie-sistemy-obzor-1>
2. Галль И. Р., Саченко В. Д., Галль Н. Р. Вклад Л. Н. Галль в развитие масс-спектрометрии: прошлое и современность // Научное приборостроение. – 2025. – № 1. – С. 52–64. – URL: <https://sciup.org/142244735>
3. Камбарова Ж. Т., Саулебеков А. О., Қасымов С. С. A Novel Design of an Energy Analyzer for Charged Particles Based on a Non-Uniform Electrostatic Field // Eurasian Physical Technical Journal. – 2025. – Vol. 22, № 3 (53). – P. 148–155. – DOI: <https://doi.org/10.31489/2025N3/148-155>
4. Лукин А. И., Мазунов В. А., Козлов Б. М. Исследование резонансного взаимодействия электронов с молекулами методом масс-спектрометрии отрицательных ионов // Химия высоких энергий. – 2022. – Т. 56, № 2. – С. 137–144. – URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?a=VysEn2202008Lukin&j=vysen&n=2&v=56&y=2022>
5. Плугатар Ю., Филиппов Д., Чабанов В., Казак А., Корзин В., Олейников Н., Майорова А., Нехайчук Д. Integral Equations of the First Kind for Calculating Electro- and Magnetostatic Fields Perturbed by Conductors and Ferro-Magnets // Inventions. – 2023. – Vol. 8, № 2. – Article 55. – DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions8020055>
6. Саутбекова З. С., Трубицын А. А. FOCUS CPM Software for Trajectory Analysis of Real Axially Symmetric Electrostatic Mirrors: Methods and Algorithms // Eurasian Physical Technical Journal. – 2022. – Vol. 19, № 3. – P. 91–96. – DOI: <https://doi.org/10.31489/2022No3/91-96>

РАЗРАБОТКА СЕКТОРНОГО ДЕФЛЕКТОРА С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ОСЕСИММЕТРИЧНЫМ ОТКЛОНЯЮЩИМ ПОЛЕМ

Ерболатов Максат Жанатулы

магистрант 1 курса, НАО «Карагандинский национальный
исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова», Караганда,
Казахстан

Научный руководитель: Камбарова Жанар Турсыновна, PhD, профессор
кафедры физики и нанотехнологий

В статье рассматриваются научно-технические основы разработки секторного deflectора с электростатическим осесимметричным отклоняющим полем, предназначенного для точного поворота пучка заряженных частиц на заданный угол. Логика исследования построена на анализе геометрии поля в ионной и электронной оптике, системы секторных электродов, условий стабилизации траектории частиц и результатов численного моделирования. При выборе структурной схемы deflectора в качестве основных параметров приняты форма электродов, разность потенциалов, входные и выходные апертуры, вакуумная среда и энергетическая стабильность пучка. Анализ литературы опирается на труды казахстанских и российских авторов, опубликованные после 2022 года. В разделе результатов приведены примеры применения секторного deflectора в масс-спектрометрии, анализаторах заряженных частиц, лабораторных электронно-ионных установках. Практическая ценность статьи заключается в предложении малогабаритного, удобного в настройке проекта deflectора с высокой точностью траектории.

Ключевые слова: электростатическое поле, секторный deflectор, осевая симметрия, заряженная частица, ионная оптика, электронная оптика, траектория, численное моделирование.

DEVELOPMENT OF A SECTOR DEFLECTOR WITH AN ELECTROSTATIC AXIALLY SYMMETRIC DEFLECTING FIELD

Maksat Zh. Yerbolatov

1st-year Master's student, NJSC "Karaganda Buketov National Research
University", Karaganda, Kazakhstan

Scientific supervisor: Zhanar T. Kambarova, PhD, Professor of the Department
of Physics and Nanotechnology

The article discusses the scientific and technical foundations of developing a sector deflector with an electrostatic axially symmetric deflecting field, designed for precise rotation of a charged particle beam by a given angle. The logic of the research is based on the analysis of field geometry in ion and electron optics, the system of sector electrodes, conditions for stabilizing particle trajectories, and the results of numerical modeling. When choosing the structural design of the deflector, the shape of the electrodes, potential difference, input and output apertures, vacuum medium, and energy stability of the beam were taken as the main parameters. The literature review relies on the works of Kazakhstan and Russian authors published after 2022. The results section provides examples of using the sector deflector in mass spectrometry, charged particle analyzers, and laboratory electron-ion installations. The practical value of the article lies in proposing a compact, easily adjustable deflector design with high trajectory precision.

Keywords: electrostatic field, sector deflector, axial symmetry, charged particle, ion optics, electron optics, trajectory, numerical modeling.