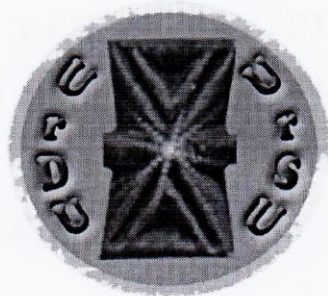


**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI**



Fizika – matematika fakulteti 403 – fizika guruhi talabasi

Jumaniyozov Muzaffarning

5140200 – fizika ta'lim yo'nalishi bo'yicha

bakalavr darajasini olish uchun

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Mavzu: Qattiq jism sirtidan qaytgan ionlarni qayd qilish qurilmalari

Ilmiy rahbar:

prof. Qutliyev U. O.



“Urganch – 2016”

1-ilova. Bitiruv malakaviy ishining titul varag'i

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI
URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI
Fizika – matematika fakulteti
Fizika kafedrası**

Qattiq jism sirtidan qaytgan ionlarni qayd qilish qurilmalari

Bajaruvchi: _____ Jumaniyozov M. X.

Rahbar: _____ prof. Qutliyev U.O.

Urganch shahri – 2016 yil

URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI

Fizika – matematika fakulteti

Fizika kafedrası

BITIRUV MALAKAVIY ISHNI BAJARISH BO‘YICHA

TOPSHIRIQLAR REJASI:

Talaba Jumanyozov Muzaffarga Universitet rektorining 2015 yil 3 noyabrda chiqarilgan 199 – T sonli buyrug‘i bilan bitiruv malakaviy ish bajarish uchun

1. **“Qattiq jism sirtidan qaytgan ionlarni qayd qilish qurilmalari**
” mavzusi tasdiqlangan.

2. Kafedra majlisining qaroriga binoan **prof. Qutliyev U.O. bitiruv malakaviy ishini bajarishga rahbar qilib tayinlangan.**

3. Bitiruv malakaviy ishining tarkibiy tuzilmasi: **kirish qismi, ikki bob, birinchi bob uch rejadan, ikkinchi bob besh rejadan iborat.**

4. Bitiruv malakaviy ish uchun ma’lumotlar: **ilmiy jurnallar, kitoblar va internet ma’lumotlaridan olinadi.**

5. Bitiruv malakaviy ishga_____

_____ ilova qilinadi

Bitiruv malakaviy ishni bajarish jadvali

№	Loyiha bosqichlarining nomi	Nazorat vaqti
1	Mavzuni kafedrada tasdiqlash	20.11.2015
2	Malakaviy bitiruv ishi topshirig`i mavzuni va hajmini aniqlash.	10.12.2015
3	Internetdan qayd qilish qurilmalariga oid materiallar to`plash	15.01.2016
4	Mavzu bo`yicha malakaviy bitiruv ishi mazmuni, hajmi va tartibini aniqlashtirish, xamda reja tuzib chiqish	29.01.2016
5	Malakaviy bitiruv ishi loyihasining tuzilishini dastlabki loyixasini tasdiqlash	12.02.2016
6	Barcha eskizlarni to`la tasdiqlash va malakaviy bitiruv ishi loyihasi nazariy va amaliy qismlari tasdiqlash	05.03.2016
7	Zamonaviy qayd qilish qurilmalarining qo`llanilishiga doir ma`lumotlarni tahlil qilish	28.03.2016
8	Malakaviy bitiruv ishi loyihasini bajarishning borishi nazorati va uning nazariy qismining kafedradagi muhokamasi	28.04.2016
9	Kafedra mudiri va rahbar tomonidan tugallangan BMI ni ko`rikdan o`tkazish	5.05.2016
10	Tugallangan ishni malakaviy bitiruv ishi loyihasi rahbar xulosasi va uni himoyaga tavsiya bilan birgalikda kafedraga taqdim qilish	20.05.2016

Bitiruv malakaviy ish rahbari: _____ prof. Qutliyev U.O.

Bajaruvchi talaba: _____ Jumaniyozov M.X

201__ yil “__” _____

Topshiriqlar rejasi va jadvali kafedra majlisida 201__ yil tasdiqlandi
(____-sonli bayonnoma)

Kafedra mudiri: _____ dots. Aminov U. A.
(imzo)

Urganch Davlat universiteti
Fizika – matematika fakulteti
Fizika kafedrasi

Bitiruv malakaviy ish **2016-01-06**-sonli tartib raqam bilan qayd qilindi.

Bitiruv malakaviy ishni bajaruvchining ismi-sharifi: Jumaniyozov Muzaffar

Bitiruv malakaviy ishning mavzusi: “Qattiq jism sirtidan qaytgan ionlarni qayd qilish qurilmalari”

Ilmiy rahbar (maslahatchi) ning ismi – sharifi: Qutliyev Uchqun.

Bitiruv malakaviy ish kafedraning 2016 yil __ iyun o‘tkazilgan majlisi qaroriga muvofiq DAK majlisida himoya qildi.

Bitiruv malakaviy ishga taqrizchi qilib TATU Urganch filiali dots. Sh.Ismoilov tayinlandi.

Kafedra mudiri: _____ dots. Aminov U. A.

Kafedra majlisining qaroriga binoan bitiruv malakaviy ishni DAK majlisida himoya qilish bo‘yicha tavsiyasiga roziman.

Fakultet dekani: _____ dots. Xujamov J. U.

Urganch Davlat universiteti

Fizika-matematika fakulteti

Fizika kafedrası

5440100-Fizika bakalavr ta'lim yo'nalishi

Tasdiqlayman

fakultet dekani

_____ dots. Xujamov J. U.
“ ” _____ 2015y

BITIRUV MALAKAVIY ISH BO'YICHA TOPSHIRIQ

Talaba Jumanioyozov M. X.

1. Ishning mavzusi: “Qattiq jism sirtidan qaytgan ionlarni qayd qilish qurilmalari” mavzusini

Universitet rektorining 2015 yil 3 noyabrda chiqarilgan 199 – T sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan.

2. Ishni topshirish muddati: 3 iyun 2016 y.

3. Mavzu bo'yicha dastlabki ma'lumotlar beruvchi adabiyotlar ro'yxati:

1. Afanasev, V. P. Elektrostaticheskie energoanalizatory dlya puchkov zaryajennyx chastits / V. P. Afanasev, S. YA. YAvor. – M. : Nauka, 1978. – 224 s.

2. Ewald, H. Der Astigmatismus des Toroidkondensators / H. Ewald, H. Liebl // Z. Naturforschg. – 1955. – Bd. 10 a. – S. 872–876.

3. Evstifeev, V. V. Uglovye zavisimosti vida energeticheskix spektrov medlennyx ionov Ss^+ pri rasseyanii ix granyami monokristal la volframa : dis. ... kand. fiz.-mat. nauk / Evstifeev V. V. – Tashkent, 1973.

4.R. A. Wilhelm, A. S. El-Said, F. Krok, R. Heller, E. Gruber, S. Facsko, and F. Aumayr Highly charged ion induced nanostructures at surfaces by strong electronic excitations Progress in Surface Science 90 (2015) 377 - 395

5. R. A. Wilhelm, E. Gruber, R. Ritter, R. Heller, A. Beyer, A. Turchanin, N. Klingner, R. Hübner, M. Stöger-Pollach, H. Vieker, G. Hlawacek, A. Götzhäuser, S. Facsko, and F. Aumayr Threshold and efficiency for perforation of 1 nm thick carbon nanomembranes with slow highly charged ions 2D Materials 2 (2015)

6. F. Aumayr, K.H. Becker, B. Marinković, Qtefan Matejčík and J. Tanis *Elementary processes with atoms and molecules in isolated and aggregated states* European Physical Journal D 69 (2015) 169

7. N. Stolterfoht, E. Gruber, P. Allinger, S. Wampl, Y.Y. Wang, M.J. Simon, and F. Aumayr. Experiments and simulations of 4.5-keV Ar⁷⁺-ion guiding through a conical glass macrocapillary Physical Review A 91 (2015) 032705 .

8. M. Willensdorfer, E. Fable, E. Wolfrum, F. Aumayr, R. Fischer, F. Reimold, F. Ryter, the ASDEX Upgrade Team Role of electron temperature in the particle transport in the pedestal during pedestal evolution Journal of Nuclear Materials 463 (2015) 1091 - 1095

9. A. Wartak, R.J. Bereczky, G. Kowarik, K. Tőkési, and F. Aumayr Conceptual design and sample preparation of electrode covered single glass macrocapillaries for studying the effect of an external electric field on particle guiding Nuclear Instruments and Methods in Physical Research B 354 (2015) 324 - 327

10. M. Oberkofler, D. Alegre, F. Aumayr, S. Brezinsek, T. Dittmar, K. Dobes, D. Douai, A. Drenik, M. Köppen, U. Kruezi, Ch. Linsmeier, C.P. Lungu, G. Meisl, M. Mozetic, C. Porosnicu, V. Rohde, S. G. Romanelli , the ASDEX Upgrade team and JET EFDA Contributors Plasma-wall interactions with nitrogen seeding in all-metal fusion devices: Formation of nitrides and ammonia Fusion Engineering and Design 98 - 99 (2015) 1371 - 1374

11. E. Gruber, R.A. Wilhelm, V. Smejkal, R. Heller, S. Facsko, and F. Aumayr Interaction of highly charged ions with carbon nano membranes Journal of Physics: Conference Series 635 (2015) 012027

12. D. Tskhakay, D. Coster and ITM-TF contributors Implementation of PIC/MC Code BIT1 in ITM Platform Contrib. Plasma Physics 54 (2014) 399 – 403

13. M. Gasteiger and D. Tskhakaya On the Electron Distribution Function in the Edge Plasma Contrib. Plasma Physics 54 (2014) 503 – 507

14. S. Dai, A. Kirschner, J. Sun, D. Tskhakaya, and D. Wang Modelling of surface roughness effects on impurity erosion and deposition in

TEXTOR with a code package SURO/ERO/SDPIC
Nuclear Fusion 54 (2014) 123015

15. K. Tokési, D. Tskhakaya, and D. Coster
Atomic data for integrated tokamak modelling – Fermi-shuttle type ionization as a possible source of high energy electrons
EPJ Web of Conferences 79 (2014) 02003

16. R. Ritter, R. A. Wilhelm, M. Stöger-Pollach, R. Heller, A. Mücklich, U. Werner, H. Vieker, A. Beyer, S. Facsko, A. Götzhäuser, and F. Aumayr
Fabrication of nanopores in 1 nm thick carbon nanomembranes with slow highly charged ions Applied Physics Letters 102 (2013) 063112

17. C. Lemell, J. Burgdörfer, and F. Aumayr
Interaction of charged particles with insulating capillary targets – The guiding effect Progress in Surface Science 88 (2013) 237 - 278

18. D. Schrempf, W. Meissl, and F. Aumayr
An ultra-compact setup for measuring ion-induced electron emission statistics Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 317 (2013) 44 - 47

19. R. Ritter, Q. Shen, R. A. Wilhelm, R. Heller, R. Ginzl, J. R. Crespo López-Urrutia, S. Facsko, C. Teichert, and F. Aumayr
Novel aspects on the irradiation of HOPG surfaces with slow highly charged ions Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 315 (2013) 252 - 256

20. R. Ritter, R. A. Wilhelm, R. Ginzl, P. Schadauer, R. Heller, W. Rupp, J. R. Crespo López-Urrutia, S. Facsko, and F. Aumayr
The effect of chemical etching on poly (methyl methacrylate) irradiated with slow highly charged ions Physica Scripta T156 (2013) 014065

21. T.N. Makgato, E. Sideras-Haddad, S. Shrivastava, T. Schenkel, R. Ritter, G. Kowarik, F. Aumayr, J. Crespo López-Urrutia, S. Bernitt, C. Beilmann, R. Ginzl
Highly charged ion impact induced nanodefects in diamond Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 314 (2013) 135 - 139

4. Chizma materiallar ro'yxati: _____

5. Maslahatchilar: _____

Bo`limlar	Maslahatchi F.I.SH.	Imzo, sana	
		Topshiriq berdi	Topshiriq qabul qildi
Kirish	prof. Qutliyev U. O.		
1.1.	prof. Qutliyev U. O.		
1.2.	prof. Qutliyev U. O.		
1.3.	prof. Qutliyev U. O.		
2.1.	prof. Qutliyev U. O.		
2.2.	prof. Qutliyev U. O.		
2.3.	prof. Qutliyev U. O.		
2.4.	prof. Qutliyev U. O.		
2.5	prof. Qutliyev U. O.		
Xulosa	prof. Qutliyev U. O.		

Ishga taqriz yozuvchining F.I.SH., ilmiy darajasi, unvoni: Atamuratov Atabek Egamberdiyevich, fizika – matematika fanlari nomzodi

6. Ilmiy rahbar: prof. Qutliyev U. O. _____
(F.I.SH.) (imzo)

BMI bajaruvchi talaba: Jumaniyozov M. X. _____
(F.I.SH.) (imzo)

Kafedra mudiri: dots. Aminov U.A. _____
(F.I.SH.) (imzo)

MUNDARIJA

KIRISH	11
1.BOB EKSPERIMENT METODIKASI VA TEXNIKASI	13
1.1. Dastlabki eksperimental qurilmalar.....	
1.2 Ion-optik tizimli ionlar manbai.....	22
1.3. Nishon bloki.....	27
II. BOB. QATTIQ JISM SIRTIDAN QAYTGAN IKKILAMCHI IONLARNI QAYD QILISH QURILMALARI.....	28

2.1. Ikkilamchi ionlarni qayd qilish tizimi.....	
2.2. Ikkinchi eksperimental qurilma.....	29
2.3. Ikkilamchi ionalrning qayd qilish tizimi.....	34
2.4 Eksperimental usul bilan energiya analizatorining ruxsat berish xususiyatini aniqlsh.....	41
2.5. Eksperimentni o'tkazish metodikasi.....	46
Xulosa.....	50
Foydalanilgan adabiyotlar.....	51

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi:Qattiq jism yuzalari bilan atom zarrachalar o'zaro ta'sir jarayonlariga tadqiqotlar, dunyo miqyosida keng tarqalgan va rivojlanib bormoqda. Ushbu tadqiqotlarning dolzarbligi- kerakli xususiyatlari bilan yangi materiallar olish, ion va ion-plazma birikmasini, ion implantatsiyasi va molekulyar epitaxy usullarini, shuningdek, nazorat qilinadigan termoyadroviy reaktor va ionlar bombardimon muammolarini echishdan foydalanib, yangi ishlanmalar va ilg'or texnologiyalar va ayniqsa, nanotexnologiya joriyi tufayli ion nur diagnostikasiga asoslangan usullar samarali xisoblanadi

Jadal ijobiy ionlar tomonidan yuzasi bombardimon taqdirda kuzatilgan hodisalarni biri - bu ionlarning sochilishi xodisasidir. Bugungi kunda mamlakatimizda va chet elda ushbu hodisaga bog'liq eksperimental va nazariy tadqiqotlar, bir qator bo'lib ular muhim ahamiyatga egadir[1-2] Bu tadqiqotlar bombardimon qiluvchi zarralarning energiyasi bir nechta keV bo'lgan sohalariga asosan tegishli bo'lib va odatda ancha kichik atomlardan ionlarning sochilish jarayoni ularning massasi bilan bog'liq. Bunday energiya diapozoni va mavjud standart modellar (gaz model) alohida erkin atomlar bilan ionlarning elastik to'qnashuvi juftiy toqnashuv modeli hisoblanadi. Bu usul ionlar dastasi sirt yuzasiga tushib undan sochilganda sirtning tarkibini tahlil qilishga asoslangan va keng amaliy maqsadlarda [3] uchun ishlatiladi. Odatda sochilgan ionlarni "devordan qaytish" [4] deb qaraladi, ularning energiyasi esa ($E = 0.01-10 \text{ eV}$) oraliqda bo'ladi. Bu bir nechta-keV energiyada va zaryadlangan zarralarning issiqlik energiya sochilish nazariyasi bo'yicha qattiq jism sirtini bombardimon qilish orqali sirt tarkibi va ionlarning sochilish jarayonining o'rganish, sochilish modelini tanlashga bog'liqligini ta'kidlash lozim.

Ko'pgina ilmiy ishlarda qisqa masofada simmetrik bo'lgan potentsiallar ishlatiladi. Amalda sirtni bombardimon qilayotgan ionlarning shunday oblasti o'rganilmay qolganki, bu oblast energiyaning o'ndan bir nechta yuz elektron vol't oralig'ida bo'lib, u gaz dinamikasi va o'rtacha energiyalarning oralig'ida hisoblanadi ($E_0 = 10^3 + 10^5 \text{ eV}$). Bu xolat eksperiment o'tkazish qiyinligi bilangina emas balki ionlarning sirt bilan to'qnashuv jarayonini nazariy tadqiq qilish qiyinligi bilan ham tushuntiriladi. Nazariy jihatdan bu jarayonni tushuntirishning qiyinligiga asosiy sabab, ionning energiyasi sirt atomlarining bog'lanish energiyasi bilan dyarli tenglashib qoladi. Toqnashuv vaqti esa atomlarning tebranish vaqti 10^{-14} c bilan bir xil bo'lib qoladi. Bunday paytda Kristal atomlarini erkin deb tasavvur qilib bo'lmaydi. Shu bilan birga bombardimon qilayotgan zarrachalarni strukturaga egaligini va ularni sirtdan qaytish jarayoni ham boshqacha bo'lishini ham hisobga olish zarur.

Mavzuning maqsadi va vazifalari. Ushbu ishda ketma-ket yaqinlashishlar usulini ion-atom to'qnashuvi jarayonini tadqiq qilishda ishlatiladigan qurilmalarni o'rganish asosiy maqsad qilib olingan.

Tadqiqot ob'ekti va predmeti. Tadqiqot ob'ekti va predmeti bo'lib ion – atom to'qnashuv jarayonida ishlatiladigan qayd qilish qurilmalari hamda global Internet tarmog'ida chop qilingan ilmiy adabiyotlar va ilmiy maqolalar keng va batafsil qarab chiqilgan.

Tadqiqot usuli. Tadqiqot usuli bo'lib ilmiy adabiyotlar va maqolalardan foydalanilgan holda sirtida qaytgan zarralarni qayd qilish qurilmalarini o'rganishdan iborat. Bu yerda katta miqdordagi ilmiy maqola va ilmiy adabiyotlar qarab chiqiladi.

Mavzuning ahamiyati. Hozirgi vaqtda ishlatilayotgan qayt qilish qurilmalarida fan va texnikaning yutuqlaridan keng foydalanib yabgi turdagi qurilmalar yaratish muhim o'rin tutadi.

1 – BOB. EKSPERIMENT METODIKASI VA TEXNIKASI

1.1. Dastlabki eksperimental qurilmalar

Eksperimental qurilma o'z ichiga quyidagi asosiy qismlarni oladi

(rasm 1.1): 1) ikkilamchi elektronlarni energiyalar bo'yicha tahlil qiluvchi qurilma; 2) nishonga yo'naltiriladigan ionlar dastasini xosil qiluvchi ion-optik sistemali ionlar manbai; 3) nishon; 4) ikkilamchi ionlarni qayd qiluvchi tizim.

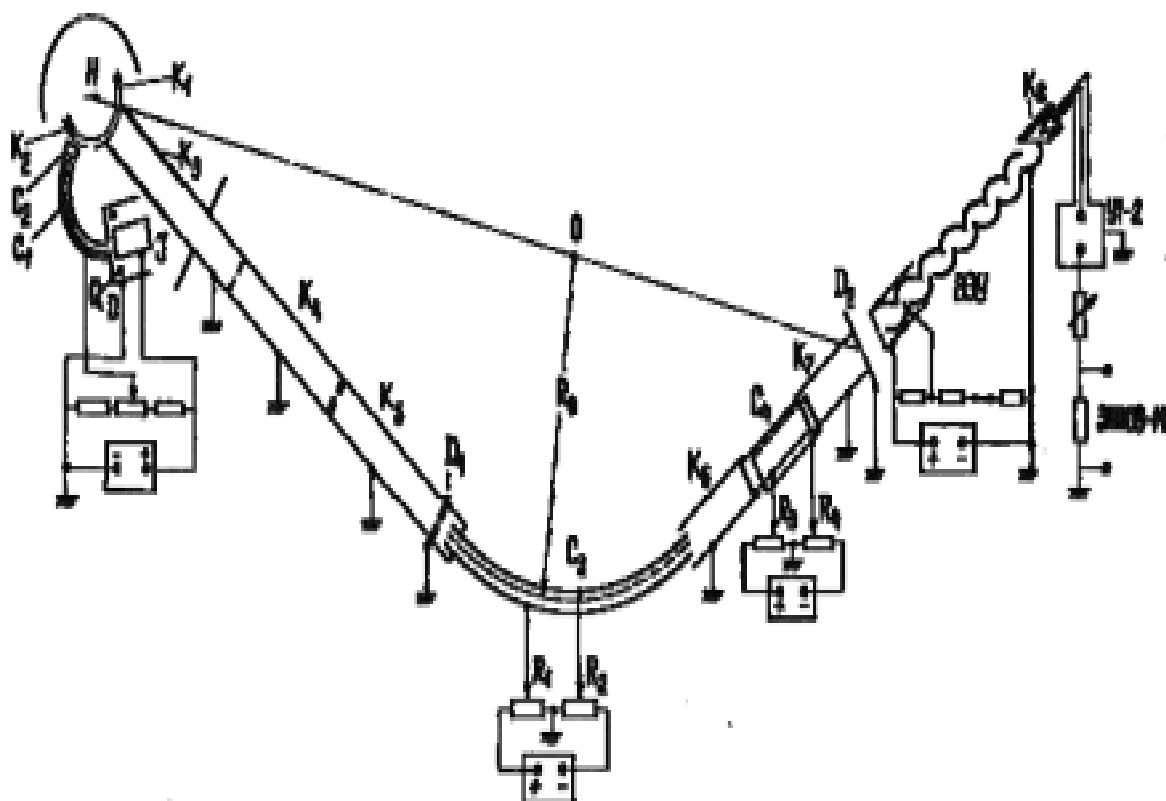
Ikkilamchi elektronlarni energiyalar bo'yicha tahlil qiluvchi qurilma sifatida sferik deflector tipidagi elektrostatik analizator olingan bo'lib u kirish va chiqish

diafragmalariga ega bo'lgan sferik kondensatordir [5]. Bu turdagi kondensatorning fokuslah burchagi 180^0 ga teng.

Bu energiyalar bo'yicha analizatorni loyixalashda ikkita asosiy parametrga katta e'tibor berilgan: 1) energiyalar bo'yicha eng katta ruxsat etish qobiliyatiga egaligi (energetic ruxsat etish) δ va 2) burcha bo'yicha eng katta ruxsat berish (C3 kondensatorga kiruvchi ikkilamcha ionlarni kichi burchaklarga tarqalishga egaligi) $\Delta\psi$.

Energiya va uchib chiqish burchagini eng katta qiymatga ega bo'lish imkoniyatiqayd qiluvchi tizimdagi(ikkilamchi elektronlarni kuchaytirgich) chegaraviy past signallar bilan chegaralanadi. Bu esa bu sistemada chetga chiqadigan ionlarni o'rtacha soni bilan aniqlanadi. Qolgan kattaliklar ion-optik energoanalizatorning qiymatlari ushbu formula bilan aniqlandi:

$$\begin{aligned}f &= \frac{R_0}{\sin \phi}, \\g &= R_0 \operatorname{ctg} \phi, \\(l'-g)(l''-g) &= f^2, \\B &= \frac{b'(l''-g)}{f},\end{aligned}$$



Rasm. 1.1 Eksperimental qurilma (ionlar manbai, nishon, elektrostatik energoanalizator va qayd qiluvchi tizim):

J – metal ionlarini xosil qiluvchi manba; Q – termoelektronlar manbai; D – tezlatuvchi elektrod; S1 – sferik kondensator; S2, S4 – to’g’rilovchi tekis kondensatorlar; K1 – K3 – sferik shakldagi ximoya elektrodlari; N – nishon; K4 – K7 – xaotik xarakatlanuvchi ikkilamchi ionlarning fazosini ximoyalovchi silindrlar; S3 – sferik shakldagi elektrostatik elektroanalizatr; D1 va D2 – kirish va chikish diagframmalar; K8 – Faradeev silindri; IEK – ikkilamchi electron kupaytirgichlar

Bu erda f – focus masofa (rasm. 1.1);

g – quyidagi fizik ma’noga ega bo’lgan kattalik. Agar nishon C3 kondensatordan cheksiz olisda joylashgan bo’lsa (yani $l'=\infty$), u xolda $l''=g$ (yani, g -bu orqadagi fokusdan sector maydonni chegarasiga bo’lgan masofa). Xuddi shunday, agar esli l' dagi tasvir cheksiz olisda bo’lsa (yani $l''=\infty$), u xolda $l' = g$ (yani, g – masofa bo’lib u yig’uvchi linzaning oldingi fokusidan sector maydonning oldingi chegarasigacha bo’lgan masofadir.);

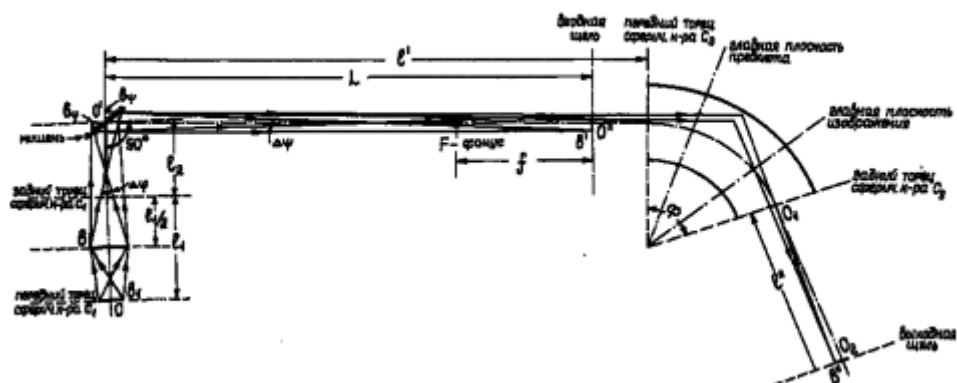
Razreshenie sfericheskogo energoanalizatora po energiyam $\delta=\Delta E/E$ - sferik energoanalizatorning energiya bo’yicha ruxsat etilgan dispersiyasining qiymati quyidagicha aniqlanadi [6].

$$\Delta = R_0 \delta \left(1 + \frac{l' - g}{f} \right).$$

Bu formuladan kurinadiki, δ aniqlanishi mumkin qachonki, dispersiya ma’lum bulsa. Dispersiyani topish uchun kuyidagi ishni amalgam oshiramiz [7]. Faraz qilaylik bir nechta zarrachalarning to’plami E energiyaga ega, boshqa birisi esa – $E + \Delta E$ energiyaga ega bulsin.

Bunda ionlar dastasi monoxramatik emas. Agar diafragmaning kirish kesimi b' juda kichik bo’lsa (yani $b'\approx 0$), ionlar dastasi paraksial bo’ladi va C3 kondensatordan o’tish vaqtida E va $E + \Delta E$ energiyali zarrachalar detektorga energiyalarga mos ravishda nozik cho’qqi sifatida mos keladi. Ikkita cho’qqi orasidagi masofa esa analizatorni dispersiyasiga mos keladi.

Agar kirish teshigi b'' chekli o’lchamli bo’lsa energiyasi E va $E + \Delta E$ bo’lgan zarrachalar anik forma va oxiri mavjud bo’lgan kenglikdagi ikkita cho’qqi ko’rinishda bo’ladi. Bu forma to’g’ri trapesiya shaklida bo’ladi (rasm 1.3,b).



Rasm. 1.2. Eksperimental qurilmada ionlar dastasining xarakati. R_0 – sektorli elektrostatik maydonda (C_3 kondensatorning o'rtacha liniyasi) xarakatlanayotgan zaryadli zarrachaning to'g'ri traektoriyasining radiusi, φ – og'ish burchagi sektori.

Bunda bog'lanishning kamayadigan qismi diafragmaning kirish teshigining B proeksiyasining o'lchamiga qarab egriroq bo'ladi. Xaqiqatan xam rasm.1.4 da diafragmaning chiqish teshigi b'' va uning proeksiyasi B proeksiyasi keltirilgan. cc' Markaziy chiziqdan B tasvirning chetga chiqishida detektordagi tokning qiymati o'zagarmaydi va tasvir xosircha chiqish diafragmaning teshigida qoladi (rasm. 1.2). Detektorda ionlarning toki 0 ga teng agar tasvir b'' teshikning o'lchamida katta bo'lsa (rasm 1.2). Va nixoyat B tasvirning markazi b'' teshikning chekkasiga to'g'ri kelsa (rasm 1.2), tokning qiymati ikki marta kamayadi. Bunda tasvirning markazi chiqish diafragmaning marakazi tomon $b''/2$ qiymatga siljigan bo'ladi. Bu paytda E va $E + \Delta E$ energiyali ikkita cho'qqining ruxsat berish shartidan $b'' \leq D$ bo'ladi.

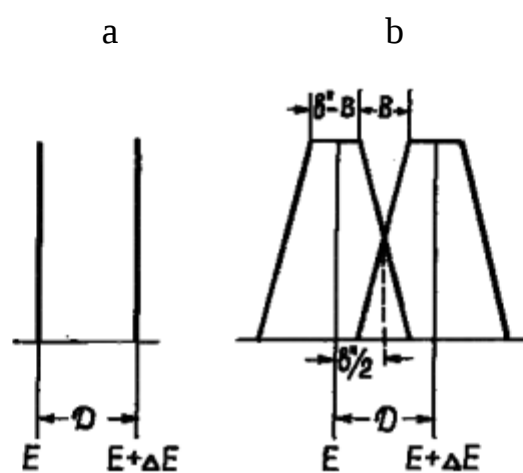
Shunday qilib energoanalizatorning energiyalar bo'yicha ruxsat etishi b''/D shartda kelib chiqqan xolda aniqlanadi va chegaraviy xolat uchun(cho'qqilar orasida uzilish bo'lmagan xol uchun) quyidagiga teng

$$\delta = \frac{b''}{R_0 \left(1 + \frac{l'' - g}{f} \right)}.$$

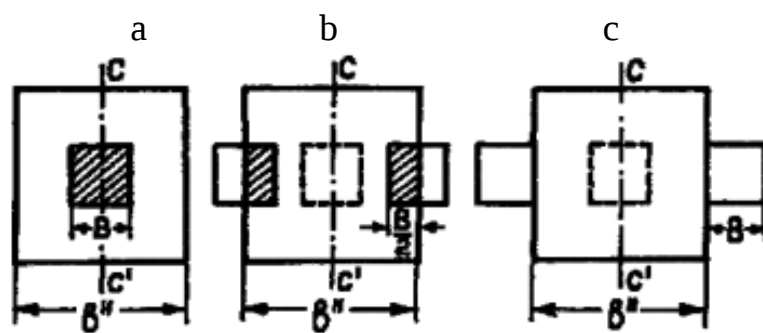
Energoanalizatorning burchaklar bo'yicha ruxsat etish qobilyati quyidagi ifidadan aniqlanadi:

$$\Delta\psi = \frac{b_{\psi} + b'}{L},$$

Bu erda $\Delta\psi$ - nishonda uchib chiqayotgan ikkilamchi ionlarning burchaklarini taqsimlanishi. Bundan keyin bu ionlar analizatorga tushadi.



Rasm.1.3 Analizatorning energiayalar bo'yicha raxsat etishning tasvirlanishi



Rasm 1.4. Cho'qqining formasi

L- dreyf soxa uzunligi(nishindan diafragmaning kirishigacha bo'lgan masofa)

b_{ψ} - ikkilamchi ionlarning nishondan uchib chiqishidagi dog'ning o'lchami

$$b_{\psi} = \frac{b_{\varphi} \cos(\psi - \varphi)}{\cos \varphi},$$

Bu erda b_{φ} - nishon sirtiga normal tushayotgan ionlarni xosil qilgan dog'ning o'lchami(bunda nishon va diafragma orasida potensial mavjud emas deb tasavvur qilinadi).

Energoanalizatorning kirish(berilgan) parametrlari quyidagicha qilib olingan:

$\delta = 1/90$, $\Delta\psi = 0.6^{\circ}$ va $\varphi = 70^{\circ}$. Kirish va chiqish diafragmalar almashtiriladigan bo'lib, shuning uchun ularning b' va b'' teshiklarining o'lchmalarini erkin o'zgartirish mumkin. Energoanalizatorning boshqa xarakteristikalari xam yuqoridagi formulalardan foydalanib xisoblash mumkin. 1- jadvalda sferik shakldagi energoanalizatorning asosiy parametrlari keltirilgan.

1-Jadval

Sferik shakldagi energoanalizatorning asosiy parametrlari

Parametr	Belgila-nishi	Son qiymati
Analizatorning energiyalar bo'yicha ruxsat berish imkoniyati	δ	1/90
Uchib chiqish burchaklari bo'yicha rexsat etish imkoniyati	$\Delta\psi$	$0.22 \leq \Delta\psi \leq 0.77^{\circ}$ ($0 \leq \varphi \leq 88^{\circ}$ bo'lganda)
Sektorli og'ish burchagi	φ	70°
C3 sferik kondensatorning obkladkalari orasidagi masofa	ΔR	8 mm
Diafragmaning kirish teshining o'lchami	b'	0.9 mm

Diafragmaning chiqish teshining o'lchami	b''	1mm
O'rtacha liniyani egrilik radiusi	R_0	120 mm
C3 sferik kondensatorning old qismi va nishon orasidagi masofa	l'	259 mm
C3 sferik kondensatorning orqa qismidan diafragmaning chiqish qismigacha bo'lgan masofa	l''	119 mm
Diafragmaning kirish qismi va nishon orasidagi masofa	L	254 mm
Focus masofa	f	127.6 mm
C3 kondensatorning orqa chegarasidagi sector maydondan uni cheksiz uzoqlashgan paytida orqa fokusgacha bo'lgan masofa	g	43.6 mm
Enrgiya bo'yicha dispersiya	D	1 mm
Diafragmaning kirish teshigining o'lchami	B	0.53 mm

1.2 Ion-optik tizimli ionlar manbai

1.5-rasmda ion-optik tizimli ionlar manbaining sxemasi keltirilgan. Tajriba sharoitida ionlar manbai J va nishon H orasidagi potentsiallar farqi 400V, D elektrodagi ionlar toki $I=1.5 \cdot 10^{-4} \text{A}$ gat eng. Nishondagi tok jichligi esa $j=1.5 \cdot 10^5 \text{A/cm}^2$ ga teng. $J=I/S$ - (bu erda $S= \pi b_\phi^2/4$ - nishondagi ion dog'ning yuzasi) -tok zichligini aniqlaganda shu narsadan kelib chiqildiki, nishon normal burchak ostida tushayotgan ionlarni xosil qilgan dog'ining diametri $b_\phi = 1.9 \text{ mm}$ ga teng. Nishondagi ionlarning toklarining fluktuasiyalari 0.5% dan oshmaydi.

Ionlarning boshlang'ich energiyasi E_0 manba va nishon orasiga berilgan tezlatuvchi potensial orqali aniqlandi.

Qurilmada vakuum bug'-simobli diffusion nasos orqali olindi. Vakuum $2 \cdot 10^{-7} \text{ Torr}$ ga etkazildi.

Ion-optik tizimli qurilmada asosiy element C1 sferik nodensatoridir. Bu kondensatorga quyiladigan asosiy talab bu ionlar dastasining kam yoyilishidir. Nishonga yo'naltirilgan ionlarning xarakati davomida yoyilish burchagi quyidagi ifodadan aniqlandi:

$$\Delta\varphi = \frac{b + b_0}{l + l_1/2},$$

l_1 –C1 sferik kondensatorning sektor maydonini o'rta liniyasining yoyining uzunligi.

b - obkladkalar orasidagi masofa;

l_2 - C1 sferik kondensatorning orqasidan nishongacha bo'lgan masofa;

b_0 -nishondagi ion dog'ning kengligi, bu masofa ion dastasining oqiga perpendikulyar bo'lgan nishon proeksiyasi (b_2) bilan aniqlanadi; $b_0= b_2 \cos\varphi$.

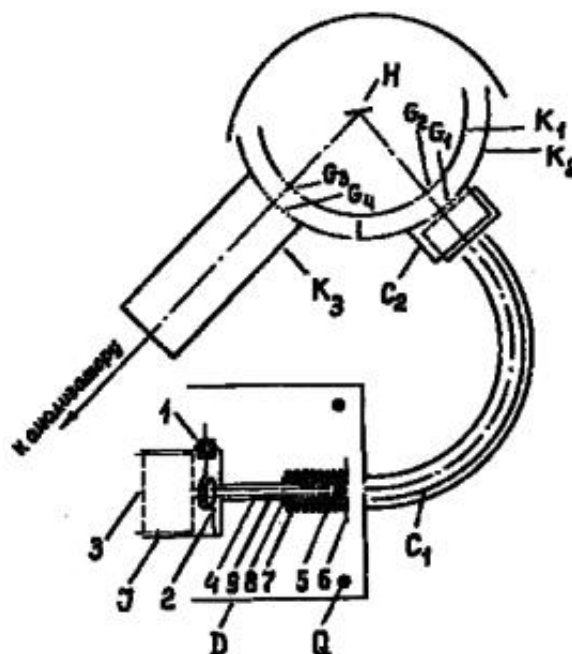
Nishonga tushayotgan ionlarning tushish burchagi o'zgarganda ion dog'ning o'lchami φ uarning uzun o'qi bo'ylab o'zgarmasdan qoladi va ion dog'ning diametri quyidagi ifodaddan aniqlanadi.

$$b_{\phi} = b_1 \left(1 - \frac{l_2}{R_e} \operatorname{tg} \phi_e \right) \cos \phi_e,$$

2- jadvalda nishoga yo'naltirilgan birlamchi ionlar tizimining asosiy parametrlari keltirilgan.

Uzun o'q bo'ylab birlamchi ionlarning siljishini ta'minlash uchun C2 yassi kondensator ishlatiladi. Ammo sochilgan ionlarning energetik spektrlari o'lchanganda birlamchi ionlar dastasini korrektsiyalash zarurati bo'lmaydi. Demak, ishchi xolatda ikkala elektron nolga teng potensialga ega bo'ladi.

Ishkoriy metal ionlarining manbai J asosan qizdirilgan sirtlarning ionlashishi xodisasi asosida islaydi va uquyidagicha tuzilgan. Asosiy qismini silindr tashkil etadi.



Rasm.1.5. Eksperimental qurilma; J- termoion manba(1- keramik zolyator, 2- bunkerni qizdiradigan spiral, 3- bunker, 4- trubali o'tkazgich,5-ionizator,6-shayba,7- ionizatorning spiral nakali,8- berilliy oksidan yaratilgan izolyator,9-bu'g o'tkazgich); D- tezlatuvchi elektrod; Q- termoelektronlar manbai; C1 va C2 – sferik va yassi kondensatorlar; K1-K3- G1 va G2 teshikga ega bo'lgan yopiq setkali xomoyaviy sferik elektrodlar; H- nishon,

Silindr ichida spiral(2) o'rnatilgan keramik izolyator bo'lib u bunker(3)ni qizdirdirshga mo'ljallangan(rasm 1.5). Bunkerga bir nechta milligram galloid tuz sepiladi. Silindrning chekkasiga trubka(4) kavsharlangan bo'lib unga ionizator(5) preslangan. Ionizator qalinligi 0.03 mm li platinadan yasalgan simlar spiralga maxkamlangan.

Shayba(6)ning vasifasi manba va D elektrod orasidagi kuchaytirgich maydonni bir jinsligini saqlashdir. Spiral(7) volfram simdan yasalgan bo'libaylana shaklidagi izolyator(8)ga (bu izolyator berilliy oksididan tashkilotgan) o'ralgan bo'lib ionizatorni nisbatan qizdirish uchun xizmat qiladi. Silindr shakldagi germetik diod (bunker 3) J manbaning korpusiga maxkamlangan. Bunkerga ishkoriy metallarning galloid tuzlarini sepish odatda bug' o'tkazgich(xar bir turdagi ishkoriy metal tuzlari uchun alohida bunker mavjud) lar orqali amalga oshirilgan.

2 va 7 spirallarni o'zgarmas tok bilan qizdirganda galloid tuzlarning bug'lari paydo bo'ladi va bu bug' bug' o'tkazgich trubaga tushib qizib turgan ionizatorning sirtiga tushadi. Ana shu erda ishkriy metal bug'larining ionlashishi kuzatiladi. Issiqlik ionlarining energetik taqsimotining kengligi 0.5eV atrofida bo'lgani uchun ularning monoenergetik ionlar ekanligini aytish mumkin.

2-Jadval

Birlamchi ionlarning xosil qiluvchi tizimning parametrlari

Nomi	belgilanishi	Son qiymati
C1 sferik kondensatorning sector burchak og'ishi	φ_c	129.3 ⁰
O'rtacha liniyaning egrilik radiusi	R_c	20.5 mm
Obkladkalar orasidagi masafa	b	3 mm
C1 sferik kondensatorning chekkasidan nishongacha bo'lgan masofa	l_2	25 mm
C1 kondensatorning sector maydoni o'rtacha liniyasini yoyi uzunligi	l_1	46.3 mm
D elektrodni teshiginig o'lchami	b_1	1.4 mm

Nishon kengligi	b_2	2.5 mm
Nishon sirtiga tushgan ionalrning xosil qilgan dog'ining xisoblanga o'lchami	b_φ	1.9 mm
Nishonga xarakatlanayotgan birlamchi ionlarning burchak bo'yicha tarqalishi	$\Delta\psi$	$3.5 \leq \Delta\psi \leq 5.8^0$ Agar $88^0 \geq \Delta\psi \geq 0$

1.3. Nishon bloki

Nishon bloki uchta sferik elektrodlar (K1-K3)lardan va aylanuvchi nishon(H)dan tashkil topgan. Nishon berilgan elektrodning o'rtasida joylashgan. Bunga sabab bu elektrodlar nishonni tashqi elektr maydonidan ekraylaydi. Sferik elektrodlarda teshiklar(G1-G4) mavjud bo'lib ularning sirtiga 80%li setka qo'yilgan. Nishonning shakli to'g'ri to'rtburchak parallipiped ko'rinishida bo'lib, uning o'lchami $2,5 \times 0,15 \times 18 \text{ mm}^3$ va u yuqori xaroratgacha ($T = 0,7-0,8 \text{ Ter}$, Ter – erish temperaturasi)qizdirilishi mumkin. Bunda nishondan stabil tok manbaidan olingan o'zgaruvchan tok o'tkaziladi. Eksperiment o'tkazilayotganda ishchi kuchlanishning tushuvi 0,1 Vol'tdan oshmasligi lozim.

Nishonning sirti mexanik ishlanadi(slifovka va polirovka) keyin esa elektrolitik polirovka amalgam oshiriladi. Natijada xar bir ishlov berishda nishondan 0.1mm qatlam yo'qoladi. Ishlov berishning sifati metallografik va elektron mikroskoplar orqali kuzatib boriladi. Kristalning orientasiyasi rentgen apparatlari orqali kuzatib boriladi.

Nishon o'zining o'qi atrofida aylanitirilishi mumkin. Ionlarning nishonga tushish burchagi φ kengligi 68° bo'lgan burchak atrofida bema'lol o'zgaristirilishi mumkin. Tushishi burchagining xatoligi nishonni aylanishi paytida $\pm 1.5^\circ$ ni tashkil etadi. Bunda sochilish burchagi aniq kiymatga , yani 92° ga teng deb olingan.

II. BOB. QATTIQ JISM SIRTIDAN QAYTGAN IKKILAMCHI IONLARNI QAYD QILISH QURILMALARI

2.1. Ikkilamchi ionlarni qayd qilish tizimi.

Nishonni tark etgan ikkilamchi ionlar K3-K5 elektrodlar orasidagi erkin fazoda xarakatlanishadi. Keyin C3 erga ulangan sferik kondensatorning sektorli elektrostatik maydonida xarakatlanishadi. Diafragmadan chiqib bu ionlar qayd qilish tizimiga tushadi. Qayd qilish tizimi- bu ikkilamchi elektronlarni ko'paytirgich(IEK-1),Faradeev silindri va elektrometrik kuchaytirgichlardan tashkil topgan. Ko'paytirgichning manbai stabillashgan yuqori tok manbaiga ulanagn. Faradeev silindriga tushgan signal elektrometrik kuchaytirgichning krish qismiga tushadi. Kuchaytirgich esa o'zi yozuvchi qurilmaga ulanagan bo'lib bu qurilma ikkilamchi elektronlarning energetik spektrina yozishga mo'ljallangan. BUning uchun simsimon shakldagi R1 va R2, R3 va R4 qarshiliklar bir o'qqa o'rnatilgan bo'lib ular o'zi yozadigan qurilmaga ikkita sheten yordamida baraban orqali maxkamlangan.

Barabanning bittta aylanishi qarshiliklarni dvijoklarini to'liq ayalanishiga mos keladi. O'zi yozuvchi qurilmaning barabanini bir marta aylanishi 8 min bo'lib bu elektrometrning o'zgarmas vaqti(1-2c)dan ancha katta.

Tajriba sharoitida H nishon, xomoya katodlari K1 – K7, xamda D1 va D2 diafragmalarerga ulanadi. Demak ionlarning nishondan diafragmaning chiqish qismigacha bo'lgan oralig'idagi xarakati o'zgarmas potensialning ta'sirida bo'ladi. Bunday yo'l bilan ikkilamchi zarrachalarning trayektoriyasidagi chetga chiqishlani oldi olinadi va bu tushish xamda sochilish burchaklarini, ikkilamchi ionlarning intensivligi va energiyasini aniq o'lchash imkonini beradi.

2.2. Ikkinchi eksperimental qurilma

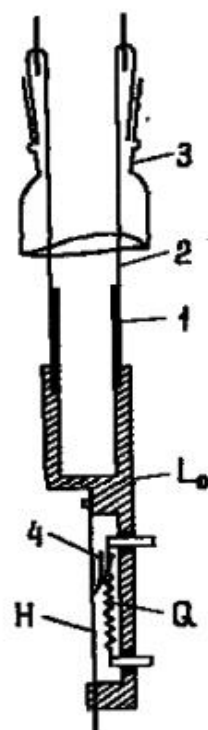
Ikkinchi eksperimental qurilmada ion-optik tizimli ionlar manbai, nishon bloki, ikkilamchi ionlarni qayd qilish sistemasi modernizatsiya qilingan, xamda simob bug'li diffusion nasoslar esa magnet razryadli NORD tipidagi nasoslarga almashtirilgan. Ishchi xolatda qoldiq gazlarning bosimi qurilmada $6 \cdot 10^{-9}$ Torr bo'ladi.

Ionlar manbaida shunday qurilma o'rnatilganki, u tezlashtirilgan ionlarni D elektrodga etkazib beradi. Uning yassi sistemada farqi shundan iboratki- ion dastasini "ion manba-tezlatuvchi elektrod" oralig'ida nozik ion dastasini xosil qiladi.

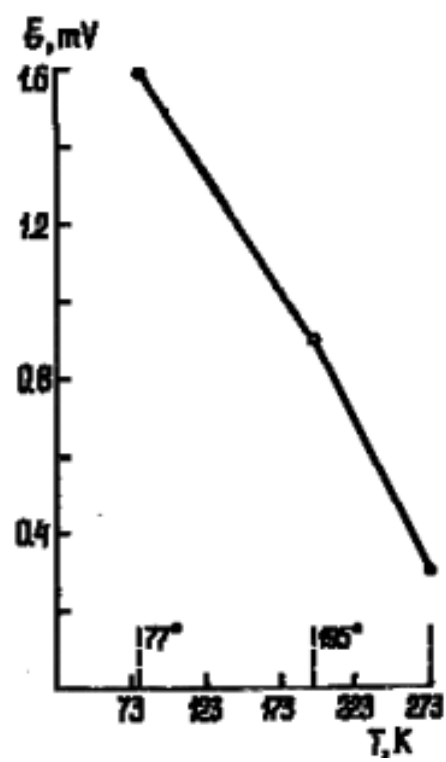
Nishon blokining va ion-optik sistemali ionlar manbaining konstruksiyasi nishonning o'z o'qi atrofida burilishi bilan birga ionlar manbaini nishonga nisbatan burilishini ta'minlaydi. Bu bilan ionlarning energoanalizatorga tushish burchagini xam boshqarish imkoniyati tug'ladi. Bundan tashqari nishonni suyuq azot temperaturasi gacha sovutish imkoniyati mavjud.

N Nishon bloki Lo sovutuvchi ushlagichdan va spiral sim Q dan iborat (rasm 2.1). Bu spiral termoelektronlar manbai bo'lib xizmat qiladi va ular nishonni electron bombardirovkada yuqori temperaturagacha qizdiradi[57]. Ushlagich bu silindrik shakldagi mis stakan bo'lib unga trubka kavsharlangan. Bu trubka kichik sim orkali shisha trubkaga kavsharlangan. Uning yuqori qismidan suyuq azot solinadi va nishon sovutiladi. Kichik darcha orqali nishonni o'z o'qi atrofida aylantirish mumkin. Bunda ionlarning nishonga tushish burchagini $0-90^0$ gacha o'zgartirish mumkin. Kichik darchani aylanish o'qi katta darchani aylanish o'qi bilan mos tushish kerak. Katta darchani o'z o'qi atrofida aylanishi sochilish burchagini $0-110^0$ burchak gacha aniqlash imkonini beradi. Nishonning temperaturasi volfram-reniyli termopara VR-5/20 bilan o'lchandi. Bu termopara nishonning orqa qismida kavsharlangan. Past temperaturalarini o'lchash uchun termopara gradiurovka qilingan. Bunda temperaturalar muzni erish temperaturasi (273K), uglekislotalarni sublimatsiyasi temperaturasi (195 K) va azotning qaynashi (78 K) (rasm 2.2). Shu narsa aniqlandiki, Q spiral ajratilgach

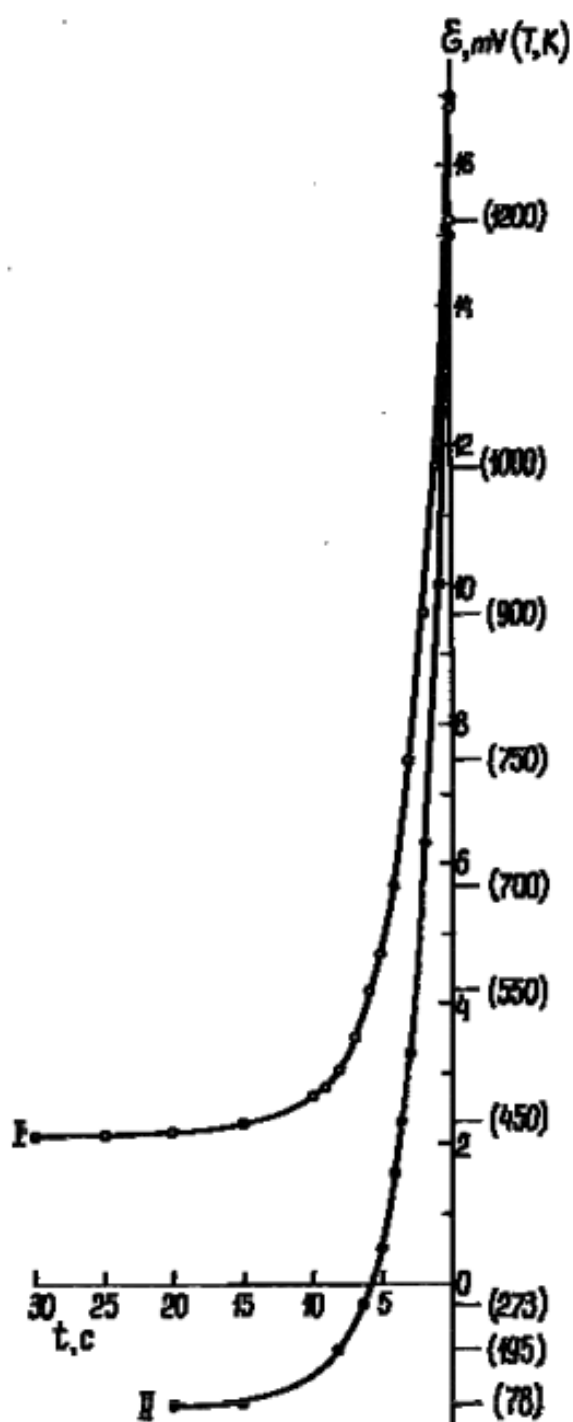
o'lchami $2,5 \times 0,15 \times 20 \text{ mm}^3$ bo'lgan molibden nishonni 1800-2000 K dan 78 K gacha sovutiladi 25 – 30 s davomida (rasm.2.3) .



Rasm.2.1. Nishon bloki: Lo – sovutuvchi tutgich, N – nishon; Q – electron bombardirovkada nishonni qizdiruvchi sim (1 – kovar trubka; 2 – shisha trubka; 3 – kichik darcha; 4 – termopara VR-5/20)



Rasm 2.2. Past temperaturalar uchun BP-5/20 termoparasini gradurovkasi



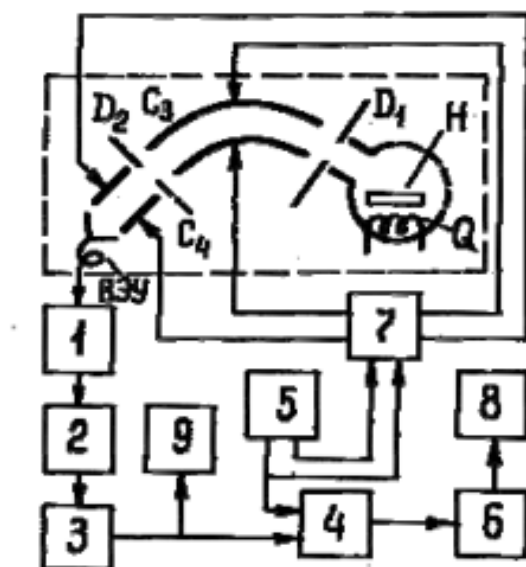
Rasm 2.3. Spiralni ajratilganda nishonni temperaturasi so'vish vaqtiga bog'ligi; 1- tutgichda azot bor, 2- tutgichda azot yo'q.

2.3. Ikkilamchi ionlarning qayd qilish tizimi

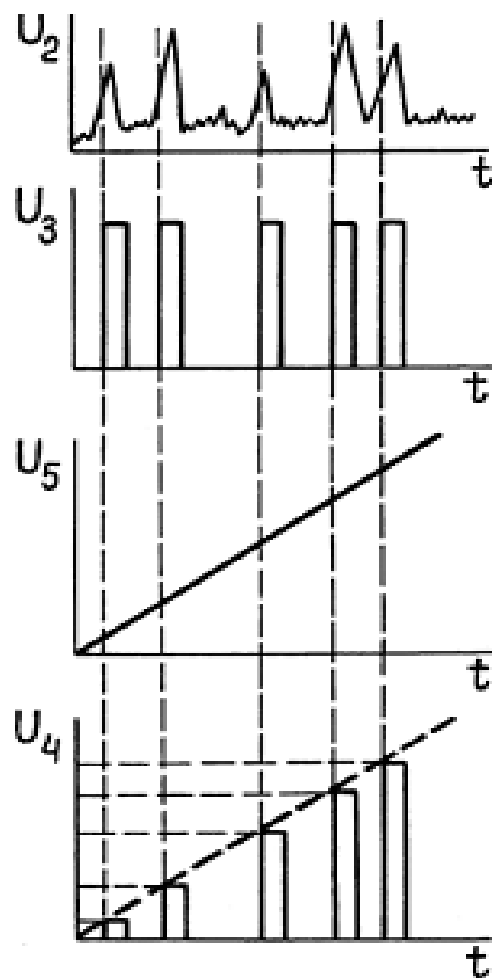
Sochilgan ionlarni spektrini o'rganish uchun "Vektor" sistemasidan foydalanilgan. Rasm.2.4 da bu tizimning blok-sxemasi va ikkilamchi ionlarni taxlil qiluvchi qismi bilan birga keltirilgan. Bu tizim quyidagicha ishlaydi: xisoblash rejimida ishlayotgan ko'paytirish qurilmasiga(IEK-6) ionlar tushganda dastlabki kuchaytirgich 1 va kuchaytirgich 2dagi IEKdan chiqqan impuls diskriminator(3)ga tushadi. Shovqindan ajratilgan foydali signal impulsi va davri xamda amplitudasi bir xil bo'lgan impuls, generator(4)ga tushadi. Generator chiqishidagi impuls kuchlanish qiymatiga mos amplitudaga ega bo'ladi. Ko'p kanalli impuls analizator(6) tushgach uni kanallarida yig'iladi amplitudalarga mos ravishda.

Bir paytning o'zida musbat va manfiy potensial kuchaytirgich (7) orqali C3 energoanalizatorni mos obkladkalariga va og'diruvchi kondensator(4) tushishi natijasida IEKdan biro energiyali ionlarning tokini o'tishiga ruxsat beradi. Natijada ionlar qayd qilinadi. Qayta razvertka rejimida C3 kondensatorni obkladkalarida katta temperaturalarada nishonni tozalashda impuls analizator(6) shunday rejimda ishlaydiki, bunda spektr yig'ilgan xolda displeyda va chop etish qurilmasi(8)da chop etiladi. Zaryadli zarrachalar to'g'ri traektoriyada xarakatlanishi uchun nishondagi va energoanalizatorning kirish xamda chiqish diafragmalarida(energoanalizatorning sektorli elektr maydonidan tashqarida ionlar maydonning chegaralariga perpendikulyar chiziklar bo'yida ekvipotensial surlarda xarakatlanishadi.

Shuning uchun erga ulangan kondensatorga simmetrik ravishda elektr toki beriladi. Bunda R1 va R2 obkladkalarga qiymatlari bir xil ammo ishoralari teskari bo'lgan $V_1 = -V_2 = V$ potensial beriladi.



Rasm.2.4. Kichik intensivlikga ega sochilgan ionlarni qayd qilish blok sxemasi.: Q – isitgich (termoelektron manba); H – nishon; D1 vai D2 – kirish va chiqish diafragmalari; S3 – elektrostatik energoanalizator; S4 – og’diruvchi yassi kondensator; IEK – ikkilamchi electron ko’paytirgich; 1 – dastlabki kuchaytirgich sintilyatsion spektroskop BUS 2-94 uchun; 2 – kuchaytirgich sintilyatsion spektroskop BUS 2-95 uchun ;3 – differensial diskrimenator BSA2-95; 4 – gimpuls generatori BGA-94; 5 – chiziqli o’zgaruvch kuchlanish generatori BGA-93; 6 – impuls analizatori AI-128; 7 – energoanalizatorni kuchlanishini kuchaytirgich; 8 – yozuvchi qurilma B3-15M; 9 – chatota o’lchagich CH3-32



Rasm.2.5. IEKda sferik energoanalizatorning obkladkalaridagi kuchlanishga bog'liq ravishda impulsar amplitudalar bo'yicha modullash

Sferik energoanalizatorning energiya bo'yicha to'g'rilanishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi [54]:

$$E = \frac{q(V_2 - V_1)R_1 R_2}{2R_0(R_2 - R_1)},$$

Bu erda to'g'ri chiziqli traektoriyaning radiusi

$$R_0 = \frac{2R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Yoki obkladkalar orasidagi masofani kichik qiymatlarida $\Delta R = R_2 - R_1 \ll R_1$

$$R_0 = \frac{R_1 + R_2}{2}.$$

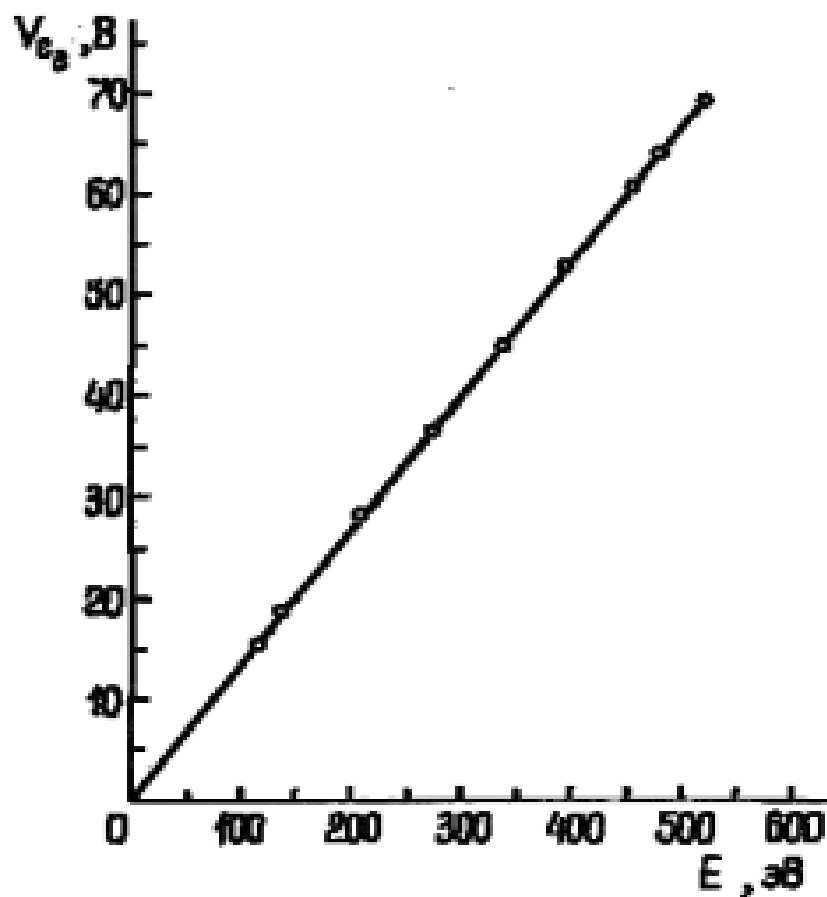
Energiyasi E va zaryadi q bo'lgan zarrachalar to'g'ri chiziqli traektoriya bo'yicha xarakatlanishi uchun kondensatorning obkladkalariga qo'yiladigan og'diruvchi potentsiallar farqi quyidagiga teng:

$$V_2 - V_1 = \frac{E}{q} \left(\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_1}{R_2} \right).$$

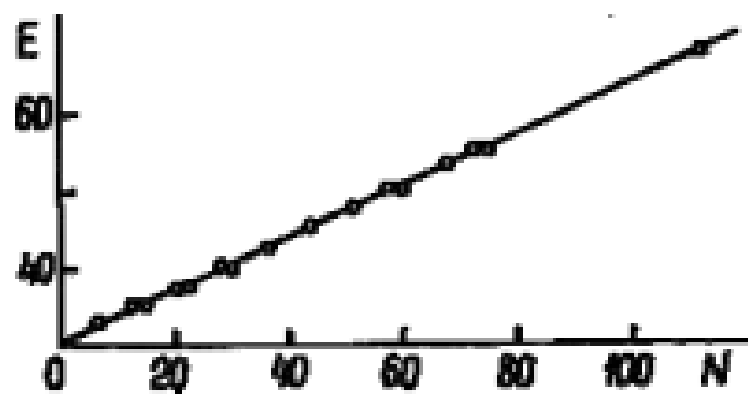
Bunda energiya eV-larda potentsiallar farqi vol'tlarda o'lchanadi.

2.6 -rasmدا C3 kondensatorning obkladkalari orasidagi tu'gri chiziq bo'yicha xarakatlanadigan ionlarning potentsiallar farqini energiyaga bog'liqligi keltirilgan. Ikkilamchi ionlarning energetik spektrlar olinayotgan paytda to'g'rilash potentsialining qiymati generator(5) belgilangan qiymatdan katta qiymatga ega va boshlangich ionlarning energiyasidan katta bo'lmasligi lozim. Qayd qilish sistemasini sozlash berilgan enrgiyali issiq Ss^+ ionlarining elektrostatik energoanalizatorga to'g'ridan –to'g'ri uchib borishi bilan aniqlanadi. Bunda nishon bloki qurilmadan olingan bo'lishi kerak.

2.7-rasmدا to'g'rilash natijalari keltirilgan. Ko'rinadiki “Vektor” tizimi



Rasm 2.6 . rasmda C3 kondensatorning obkladkalari orasidagi tu'gri chiziq bo'yicha xarakatlanadigan ionlarning potentsiallar farqini energiyaga bog'liqligi: butun chiziq-nazarisy xisoblangan; doirachalar – eksperimentda olingani



Rasm 2.7 Sozlanayotgan to'g'ri to'lgan kanallarning energiyaga bog'liqligi.

sochilgan ionlarning spektrometriyasini olish uchun mo'ljallanmagan. Balki C3 energoanalizatorning musbat va manfiy obkladkalarini sozlash va og'diruvchi C4 kondensatorlarda ikkilamchi ionlarni aniqlash uchun ishlatiladi. Barcha kanallarni bombardimon qilayotgan ionlarning xar xil qiymatlarida ($E_0 = 20-1000 \text{ eV}$) kuchlanishni kuchaytirgichi(7)da kuchlanishni o'zgarishi zinasimon amalgam oshishi nazarda tutilgan [61]. Kuchaytirish sxemasida shu bilan birga energoanalizatorga qo'lda energiya berish va to'g'rilashini avtomatik boshqarish nazarda tutilmagan. Bunda impulslarni sanash chastotametr(9) orqali amalgam oshiriladi.

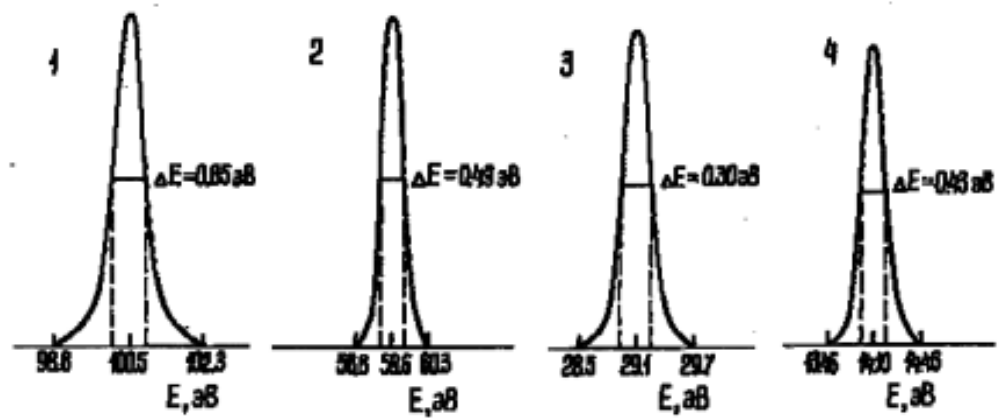
2.4 Eksperimental usul bilan energiya analizatorining ruxsat berish xususiyatini aniqlash

Ionlar dastasida tahlil qilnayotgan ionlar bir xil energiyali bo'lishsa va diafragmaning teshigi b' aniq qiymatga ega bo'lsa, u xolda energiya bo'yicha ruxsat etish xususiyati δ -bu ionlar xosil qilgan energetik cho'qqining kengligi bilan aniqlanadi. Sirt ionizatsiyasi tufayli olingan ishkoriy ionlar yuqoridagi talabni qoniqtiradi va ularni qo'rsatilgan yo'l bilan eksperimental yo'l bilan aniqlash mumkin. Ionlanish jarayonida olingan issiqlik ionlari ma'lum bir energiya bilan to'g'ri chiziqli xarakatlanishi uhcun C3 kondensatorning obkladkalariga zarur ($V_2 - V_1$) potentsiallar farqini berish kerak. Bunda energoanalizotorni chiqishiga o'rnatilgan detektorda xosil bo'ladigan ion toki maksimal qiymatga ega bo'ladi.

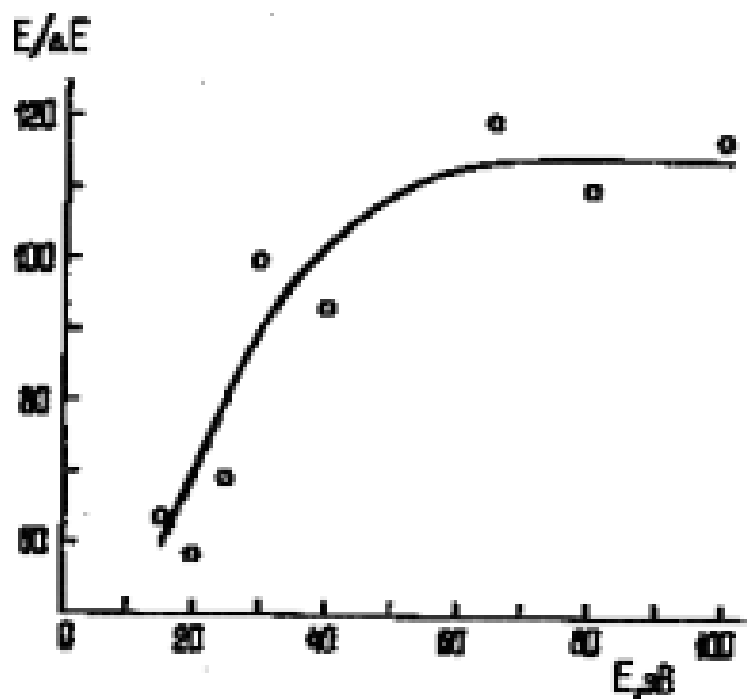
δ ni aniqlash bo'yicha tajriba quyidagicha amalgam oshirildi. Nishoni qurilmadan olib qo'yiladi, ion manabaini esa shunday o'rnatiladiki, unda ma'lum enegiyagacha tezlashtirilgan Cs^+ issiqlik ionlari tog'gridan -to'g'ri energoanalizatorga tushadi. Issiqlik Cs^+ ionlarning registrasiyasi AI-128 impulsar analizatori yordamida amalgam oshirildi. E energiyaga mos keluvchi yarim balandlikda energetik cho'qqining kengligi(ΔE) ni o'lchab elektrostatik energoanalizotorni energiya bo'yicha ruxsat etish xususiyati $\delta = \Delta E/E$ ni aniqlash mumkin (rasm.2.8)

Diafragmaning krish va chiqish teshiklari 22mm ga va $E \geq 60\text{eV}$ ga teng bo'lganda u 1/120 ga teng bo'ladi. Ening qiymatini kamayishi bilan ruxsat berish kuchi $E/\Delta E$ kamayib boradi(rasm.2.9).

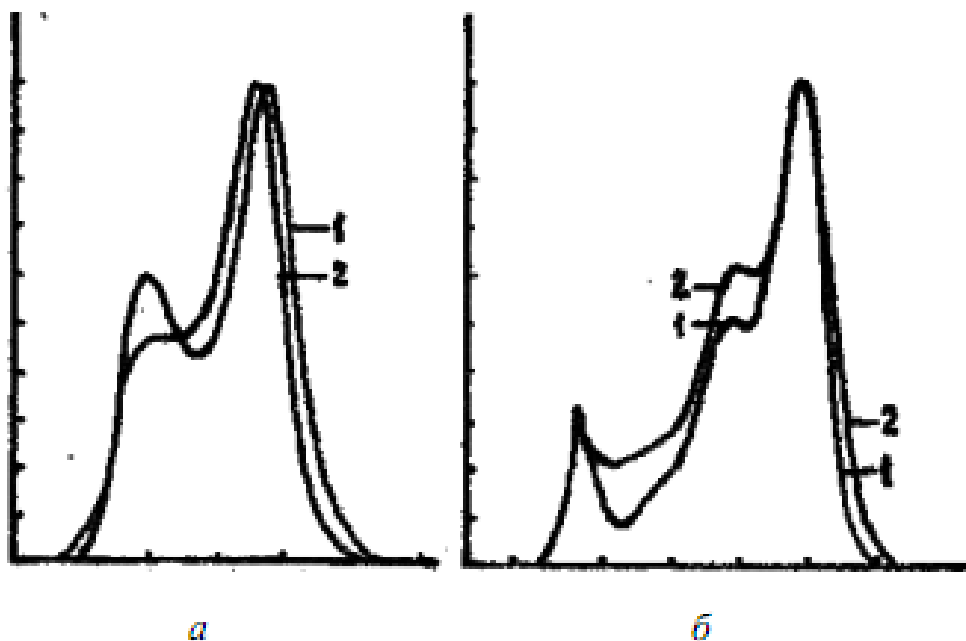
Energoanalizatorning diafragmasini kirish teshigi b'ni ortishi burchag bo'shicha ruxsat berish imkoniyatini kamayitradi va mos ravishda ikkilamch ionlarning energetik spektrida ruxsat etish xususiyati kamayadi. Bu 15 -rasmda aniq ko'rinib turibdi. Bu rasmda Cs^+ ionlarining ($E_0 = 500\text{ eV}$) volfram{112] kirasidan $\psi=92^\circ$ ga sochilishida kuzatiladigan energetik spektrdir. Bunda teshiklar o'lcham $b' = 0,9$ va 2.2mm. Rasmdan ko'rinadiki, spektrda cho'qqining kichik kesimida bu xol yahshi ko'rinadi keng kesimiga qaraganda.



Rasm.2.8. Xar xil energiyali(E , eV: 1 – 100, 2 – 60, 3 – 30, 4 – 15) issiq Cs^+ ionlarining energetic spektrlari



Rasm 2.9 Sferik energoanalizatorning taxlil qilinayotgan ionlarning energiyasini ruxsat etish kuchiga bog'liqligi



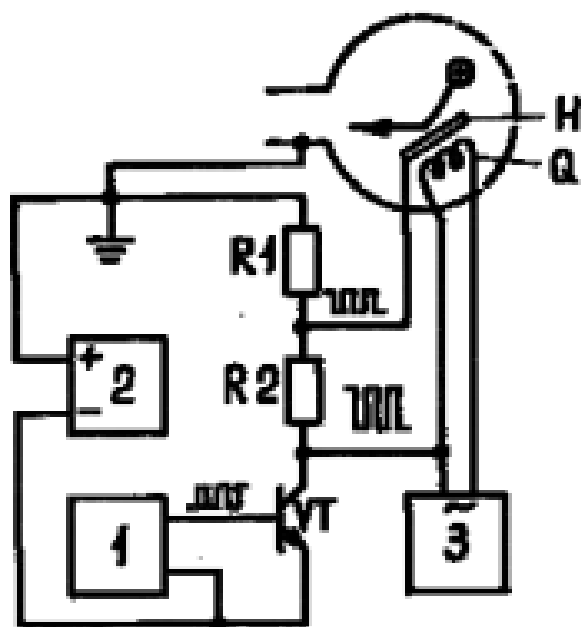
Rasm.2.10 Cs^+ ionlarining ($E_0 = 500 \text{ eV}$) volfram{112} kirasidan $\psi=92^\circ$ ga sochilishida kuzatiladigan energetik spektrdir. Bunda teshiklar o'lcham $b'=$: 0,9 va 2.2mm ($E_0= 500 \text{ eV}$; $\varphi = 42$ (a) va 20° (b), $\psi = 92^\circ$)

2.5. Eksperimentni o'tkazish metodikasi

Eksperimentni o'tkazishdan oldin eksperimental qurilmaning shisha idishi - 300°C da gazlardan tozalanadi, nishob esa bir necha soat $0.8T_{\text{erish}}$ gacha qizdiriladi. Bunda nishondan o'zgaruvchan tok o'tkaziladi yoki 1 kGerts chasotali impulli electron bombardirovka qilinadi. Bu jaryon bosim - $3 \cdot 10^{-7}$ Torr bosim birinchi qurilmada va ikkinchi qurilmada - $8 \cdot 10^{-9}$ Torr bosim olinguncha davom ettiriladi. Bunday qizdirishdan keyin temperature $T = 0,7 T_{\text{erish}}$ gacha pasaytiriladi. Isghchi rejimda Q isitgichga impuls berilganda H nishonga tezlatuvchi manfiy potensial beriladi(2.10-rasm). Chunki musbat zaryadlar energoanalizatorga o'tmasligi lozim. O'lchash energoanalizator va nishon orasida ikkilamchi zarrachalarning elektrostatik fazosi yuz berganda impuls berilishi vaqti-vaqti bilan to'xtatiladi.

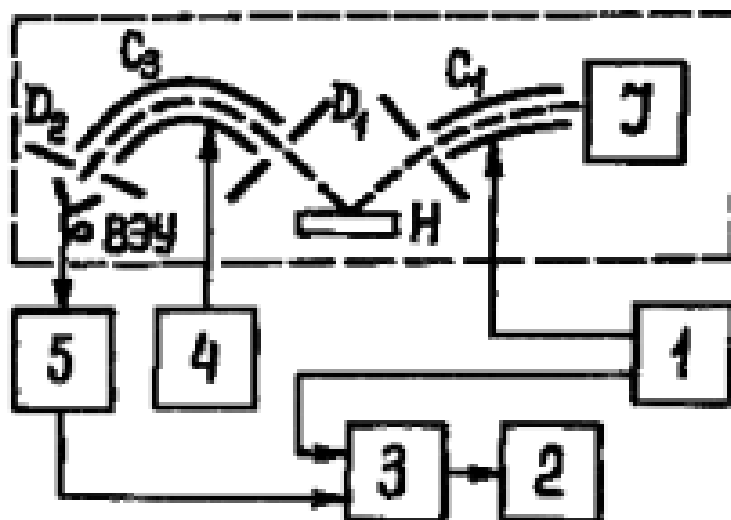
Ikkilamchi ionlarning energetic spektri AI-128 impulsar analizatori yordamida o'lchandi. Bitta spektrni registrasiya qilish vaqti 3,5 s. Bir marta o'lchash uchun ketadigan vaqt esa 7s. Demak bu vaqt ichida impuls analizatori 2ta spektrni qayd qiladi. Xar bir energetic taqsimot uchun yig'ilish rejimida o'lchaslar soni $k = 10-150$ ga teng. Bu ionlarning turi, nishon materiali va tusishish va sochilish burchagiga bog'liq. 78K gacha sovutilgan nishondan energetic spektrni olishda xar bir natija olishdan oldin nishon yuqori temperaturada sirti tozalanadi. Xar bir tozalashtan keyin nishon 20-30 sekund davomida ion dastasi bombardimoni qilmasdan ushlab turiladi. Undan keyin bir marta natija olinadi. Bunday o'lchaylar davom ettiriladi toki, impuls analizatori ekranida energetic spektrning aniq rasmi paydo bulguncha. Shu yo'l bilan olingan ikkilamchi ionlar spektri yozib olinadi va EXMda qayta ishlanadi.

Ikkilamchi ionlarni massalar bo'yicha taxlili uchish-vaqtli usul bilan o'rganilgan [59]. Sochilgan ionlarning mass-spektrrometri 2.11-rasmda berilgan [60]. Ionlarni uchib o'tish vaqtini aniqlash uchun sistema quyidagicha ishlaydi.: to'rtburchakli generatoridan olingan impulsar C1 kondensatorga kelgach kuchlanishning amplituda qiymati ta'sirida nishonga tushadi. Sochilgan va



Rasm 2.11. Impulsli elektron bombardirovka bilan nishonni qizdirish sxemasi:

1 – to'g'ri burchakli impulslar generatori; 2 – yuqori kuchlanish manbai (B5-50); 3 – Q isitgichni simini stabil tok bilan ta'minlash manbai; VT – transiztortranzistor; R1, R2 – qarshiliklar.



Rasm.2.12. Sochilgan sekin ionlarning mass-spektrmetrning blok-sxemasi:

J – ionlar manbai; S1 – birlamchi ionlarni xosil qiluvchi va og’diruvchi kondensator; N – nishon; D1 va D2 – difragmaning kirish va chiqishi; S3 – elektrostatik analizator; IEK – ikkilamchi electron kuchaytirgich; 1 – to’rtburvhak impuls chiqaruvchi generator; 2 – impuls sanagich; 3 – mos tushish sxemasi; 4 – kuchkanish manbai C3 kondensator uchun; 5 – kuchaytirgich

chlangan ionlar C3 sferik analizatorning maydoniga tushadi va obkladkalardagi kuchlanishga bog'liq ravishda detector(IEK-6)ga tushadi. Detektorning chiqish qismida zaryadli zarrachalar impuls xosil qilishadi va kuchaytirgich ta'sirida mos keltiruvchi qurilmaga tushadi. Impuls sanagichlar esa ularni sanaydi.

XULOSA

Ushbu bitiruv malakaviy ishda qattiq jism sirtidan zaryadli zarrachalarni qayd qilish qurilmalariga bag'ishlangan bo'lib, unda fundamental tadqiqotlarda ishlatiladigan asosiy qurilmalarning tavsiflari keltirilgan. Oxirgi yillarda ilmfanning rivojlanishi natijasida yangidan –yangi qurilmalar yaratilib zaryadli zarrachalarni qayd qilishda keng ishlatilmoqda.

Zaryadli zarrachalarning qattiq jism bilan o'zaro ta'sirlashuvida jiam xajmida xam bir qancha jarayonlar yuz berishi va ularni tahlil qilishda ta'sirlashayotgan zarrachalarning tabiati va sirt xolati e'tiborga olinishi lozim. Chunki o'zaro ta'sirlashuv jaryonida xar xil qo'shimcha reaksiyalar kuzatiladi. Bu reaksiyalarni yuz berish jarayonini ldindan baxolash muhim ahamiyatga ega.

Qattiq jism sirti bilan ionlarning(zarrachalarning) to'qnashuv jarayon ancha murakkab bo'lib, bunda bir qancha jarayonlar kuzatiladi. Bu jarayonlarning barchasida qattiq jism sirtidan uchib chiqayotgan zarrachalarni qayd qilish kabi muammo yotadi. Chunki, aynan sirtidan uchib chiqayotgan zarrachalar shu sirt to'g'risida to'liqroq ma'lumot berish imkoniyatiga ega.

Bu zarrachalarni qayd qilishda zarrachalarni xossa va xususiyatlaridan foydalanish asosiy tayanch nuqta sifatida olinadi. Chunki, qattiq jism sirtidan xar xil zarrachalar uchib chiqishi mumkin. Bu zarrachalarga- elektronlar, neytral atomlar, ionlar kiradi. Zaryadli zarrachalarni qayd qilishda asosan elektromagnit maydondan foydalanilsa, neytral atomlarni qayd qilishda maxsus folgalardan, ayrim xollarda esa nazariy xisoblashlardan foydalaniladi.

ADABIYOTLAR

1. Afanasev, V. P. Elektrostaticheskie energoanalizatory dlya puchkov zaryajennykh chastits / V. P. Afanasev, S. YA. YAVOR. – M. : Nauka, 1978. – 224 s.
2. Ewald, H. Der Astigmatismus des Toroidkondensators / H. Ewald, H. Liebl // Z. Naturforschg. – 1955. – Bd. 10 a. – S. 872–876.
3. Evstifeev, V. V. Uglovye zavisimosti vida energeticheskikh spektrov medlennyykh ionov Ss^{+} pri rasseyanii ix granyami monokristal la volframa : dis. ... kand. fiz.-mat. nauk / Evstifeev V. V. – Tashkent, 1973.
4. R. A. Wilhelm, A. S. El-Said, F. Krok, R. Heller, E. Gruber, S. Facsko, and F. Aumayr Highly charged ion induced nanostructures at surfaces by strong electronic excitations Progress in Surface Science 90 (2015) 377 - 395
5. R. A. Wilhelm, E. Gruber, R. Ritter, R. Heller, A. Beyer, A. Turchanin, N. Klingner, R. Hübner, M. Stöger-Pollach, H. Vieker, G. Hlawacek, A. Götzhäuser, S. Facsko, and F. Aumayr Threshold and efficiency for perforation of 1 nm thick carbon nanomembranes with slow highly charged ions 2D Materials 2 (2015)
6. F. Aumayr, K.H. Becker, B. Marinković, Qtefan Matejčík and J. Tanis *Elementary processes with atoms and molecules in isolated and aggregated states* European Physical Journal D 69 (2015) 169
7. N. Stolterfoht, E. Gruber, P. Allinger, S. Wampl, Y.Y. Wang, M.J. Simon, and F. Aumayr. Experiments and simulations of 4.5-keV Ar^{7+} -ion guiding through a conical glass macrocapillary Physical Review A 91 (2015) 032705 .
8. M. Willensdorfer, E. Fable, E. Wolfrum, F. Aumayr, R. Fischer, F. Reimold, F. Ryter, the ASDEX Upgrade Team Role of electron temperature in the particle transport in the pedestal during pedestal evolution Journal of Nuclear Materials 463 (2015) 1091 - 1095
9. A. Wartak, R.J. Berezky, G. Kowarik, K. Tőkési, and F. Aumayr Conceptual design and sample preparation of electrode covered single glass macro-

capillaries for studying the effect of an external electric field on particle guiding
Nuclear Instruments and Methods in Physical Research B 354 (2015) 324 - 327

10. M. Oberkofler, D. Alegre, F. Aumayr, S. Brezinsek, T. Dittmar, K. Dobes, D. Douai, A. Drenik, M. Köppen, U. Kruezi, Ch. Linsmeier, C.P. Lungu, G. Meisl, M. Mozetic, C. Porosnicu, V. Rohde, S. G. Romanelli, the ASDEX Upgrade team and JET EFDA Contributors Plasma-wall interactions with nitrogen seeding in all-metal fusion devices: Formation of nitrides and ammonia Fusion Engineering and Design 98 - 99 (2015) 1371 - 1374

11. E. Gruber, R.A. Wilhelm, V. Smejkal, R. Heller, S. Facsko, and F. Aumayr

Interaction of highly charged ions with carbon nano membranes
Journal of Physics: Conference Series 635 (2015) 012027

12. D. Tskhakay, D. Coster and ITM-TF contributors
Implementation of PIC/MC Code BIT1 in ITM Platform
Contrib. Plasma Physics 54 (2014) 399 – 403

13 M. Gasteiger and D. Tskhakaya
On the Electron Distribution Function in the Edge Plasma
Contrib. Plasma Physics 54 (2014) 503 – 507

14. S. Dai, A. Kirschner, J. Sun, D. Tskhakaya, and D. Wang
Modelling of surface roughness effects on impurity erosion and deposition in TEXTOR with a code package SURO/ERO/SDPIC
Nuclear Fusion 54 (2014) 123015

15. K. Tokési, D. Tskhakaya, and D. Coster
Atomic data for integrated tokamak modelling – Fermi-shuttle type ionization as a possible source of high energy electrons
EPJ Web of Conferences 79 (2014) 02003

16. R. Ritter, R. A. Wilhelm, M. Stöger-Pollach, R. Heller, A. Mücklich, U. Werner, H. Vieker, A. Beyer, S. Facsko, A. Götzhäuser, and F. Aumayr
Fabrication of nanopores in 1 nm thick carbon nanomembranes with slow highly charged ions Applied Physics Letters 102 (2013) 063112

17. C. Lemell, J. Burgdörfer, and F. Aumayr
Interaction of charged particles with insulating capillary targets – The guiding effect
Progress in Surface Science 88 (2013) 237 - 278
18. D. Schrempf, W. Meissl, and F. Aumayr
An ultra-compact setup for measuring ion-induced electron emission statistics
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 317 (2013) 44 - 47
19. R. Ritter, Q. Shen, R. A. Wilhelm, R. Heller, R. Ginzl, J. R. Crespo López-Urrutia, S. Facsko, C. Teichert, and F. Aumayr
Novel aspects on the irradiation of HOPG surfaces with slow highly charged ions
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 315 (2013) 252 - 256
20. R. Ritter, R. A. Wilhelm, R. Ginzl, P. Schadauer, R. Heller, W. Rupp, J. R. Crespo López-Urrutia, S. Facsko, and F. Aumayr
The effect of chemical etching on poly (methyl methacrylate) irradiated with slow highly charged ions
Physica Scripta T156 (2013) 014065
21. T.N. Makgato, E. Sideras-Haddad, S. Shrivastava, T. Schenkel, R. Ritter, G. Kowarik, F. Aumayr, J. Crespo López-Urrutia, S. Bernitt, C. Beilmann, R. Ginzl
Highly charged ion impact induced nanodefects in diamond
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 314 (2013) 135 - 139