

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

ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI

I.J.Jabborov, S.A.Sharipova

**ELEMENTAR ZARRACHALARNI QAYD
QILISH USULLARI**
(uslubiy qo'llanma)

*Universitet o'quv-metodik kenga-shi
tomonidan nashrga tavsiya etilgan*

Samarqand-2006

S.A.Sharipova, I.J.Jabborov. Elementar zarrachalarni qayd qilish usullari. Uslubiy qo'llanma. –Samarqand: SamDU nashri, 2006. –68 bet.

Mazkur uslubiy qo'llanmada elementar zarrachalarning muhit zarrachalari bilan o'zaro ta'siri, detektorlarning asosiy elementlari, zarrachalarni qayd qilishning ionizatsiya, yarim o'tkazgich xossalari, Cherenkov nurlanishi, stsintilyatsiya va trekli xususiyatlariga asoslangan usullari yoritilgan. Bu usullarga asoslanib ishlaydigan detektorlarning tuzilishi va ishlash printsiplari keltirilgan. Ularning bir-biriga nisbatan afzallik va kamchilik tomonlari tahlil qilingan. Uslubiy qo'llanma fizika fakultetining yuqori kurs bakalavr talabalari, magistrlar, aspirantlar va elementar zarrachalar xossalari bilan shug'ullanuvchi xodimlar uchun mo'ljallangan.

Mas'ul muharrir: Sh.Omonov

**Taqrizchilar: dots. A.A.Yusupov.,
dots. N.O.Sodiqov**

© *Alisher Navoiy nomidagi Samarqand davlat universiteti, 2006*

SO'Z BOSHI

Til to'g'risidagi qonunga asosan, oliy o'quv yurtlaridagi bakalavrlar 2005 yildan boshlab lotin alifbosida shug'ullanishga to'g'ri keladi. Shunga qaramay hozirgi vaqtda lotin alifbosiga o'g'irilgan darsliklar yetarli emas. Shu jumladan, maxsus kurslar bo'yicha lotin alifbosida chop etilgan adabiyotlar deyarli yo'q. Kirill alifbosida mavjud o'quv darsliklardan foydalanish, ular bilan mutolaa qilish talabalar uchun ancha qiyinchiliklar tug'diradi. Shuni hisobga olganda ushbu uslubiy qo'llanmaning 1997 yildagi nashriga ba'zi zaruriy o'zgartirishlar kiritib, uni lotin alifbosida chop etish zaruriyati tug'ildi.

Ma'lumki, hozirgi paytga kelib ionlashtiruvchi zarrachalarni qayd qilish, ularning xususiyatlarini o'rganish hamda o'zaro ta'sirlashuv jarayonlari va ta'sirlashuv natijasida hosil bo'luvchi mahsulotlarni tadqiqot qilish bo'yicha juda katta hajmdagi ilmiy va amaliy ma'lumotlar to'plangan. Bu ma'lumotlar ilmiy, o'quv, uslubiy adabiyotlar ko'rinishida ma'lum bir tizimga tushirilgan.

Yuqorida aytib o'tilgan ma'lumotlarni o'z ichiga oluvchi adabiyotlar asosan rus tilida nashr etilgan. O'zbek tilida mavjud bo'lgan adabiyotlar esa juda kam. Bundan tashqari, zarrachalarni qayd qilish usullarining asosiy turlari yaxlit bir to'plam holatida o'zbek tilida nashr etilmagan.

Ushbu qo'llanmani yozishdan ko'zda tutilgan maqsad yuqorida aytib o'tilgan qiyinchiliklarni ozgina bo'lsada yengillashtirishdan iborat.

Qo'llanmaga kiritilgan ma'lumotlar zarrachalarni qayd qilishning ionizatsion kamera, yarim o'tkazgichli, Cherenkov nurlanishi, ssintillyatsiya va trekli usullari asosidagi guruhlariga mansub bo'lgan detektorlarning ishlash prinsipi, tuzilishi va ulardan foydalanishda zarur bo'lgan asosiy ma'lumotlarni yoritib berishga qaratilgan. Zero, ionlashtiruvchi zarrachalarni qayd qilish qurilmalarida o'tkaziladigan tadqiqotlarning ko'pchilik qismi shu

detektorlar asosida amalga oshiriladi. Qo'llanma zarrachalarni qayd qilish usullari sohasida ma'lum bir tasavvur hosil qilish vazifasini bajaradi degan umiddamiz. Qo'llanma ayrim fikr va iboralar bo'yicha xatolardan xoli bo'lmasligi mumkin. Ushbu qo'llanmani tayyorlashda o'zining maslahatlarini bergan soha mutaxassisi I.Haqberdiyevga, shu ma'noda o'zining fikri va mulohazalarini bildirgan kishilarga mualliflar o'z minnatdorchiligini bildiradilar.

1-§. ASOSIY TUSHUNCHALAR

Reja

1. Elementar zarrachalarni qayd qilish bilan bog'liq asosiy tushunchalarni bayon etish.
2. Detektorning qayd qilish effektivligini tushuntirish.
3. Detektorning sezgirligini tushuntirish.
4. Detektorlarning ajrata olish qobiliyatini tushuntirish.

Tayanch iboralar: *zarra, detector, elektr, effektivlik, kamera, kvant, spektr, modda.*

Ma'lumki, elementar zarrachalarni oddiy ko'z bilan emas, hatto hozirgi paytda mavjud bo'lgan eng takomillashgan qurilmalar vositasida ham ko'rib bo'lmaydi. Shunga ko'ra elementar zarrachalarni qayd qilish deganda ular ishtirok etgan biror jarayonni va uni biror ko'rinishdagi ma'lumot sifatida qayd qilish tushuniladi. Bunday vazifani amalga oshiruvchi qurilmalarni detektorlar deb ataladi.

Detektorlarning elementar zarrachalarni qayd qilishi shu zarrachalarning detektor moddasi bilan bo'ladigan o'zaro ta'sirlashuvi tufayli sodir bo'luvchi fizik jarayonga asoslanadi. Bu jarayonlar detektor moddasi va unga tushayotgan zarracha turiga qarab turli-tuman bo'lishi mumkin. Masalan, zaryadlangan zarrachalar ta'sirida ionizasiya kamerasidagi gaz molekulalari va atomlari ionlashadi, ssintillyatsiya detektori moddasi chaqnash hosil qiladi. Vilson kamerasida esa tomchilar hosil bo'ladi va hakoza. Ko'pincha detektorning chiqishida elektr kattaliklari (masalan sig'im, tok, kuchlanish) hosil qilinadi va ular chiqish signali deb ataladi. Chiqish signali impulsli ko'rinishda bo'lgan detektorlar sanagichlar deb ataladi va ular zarrachalarni sanash uchun ishlatiladi.

Qayd qilish detektorlari turli-tuman bo'lishiga qaramay, ular ma'lum ko'rsatkichlar asosida umumlashtirilishi, ularning aynan bir vazifani bajarishdagi kamchilik va afzallik tomonlari taqqoslanishi

mumkin. Quyida ana shu ko'rsatkichlarning eng asosiylari bilan tanishib chiqamiz.

Detektorning qayd qilish effektivligi deb detektor qayd qilgan zarrachalar soni N_d ning shu detektorga tushayotgan zarrachalarning umumiy soni N_o ga bo'lgan nisbati bilan aniqlanuvchi kattalikka aytiladi:

$$E = \frac{N_d}{N_o}$$

Detektorning sezgirligi S_d detektordan olinayotgan signal kattaligining o'lchanayotgan fizik kattalikka bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi. Buning mohiyati shundaki, detektordan olinayotgan signal kattaligining o'zgarishi $\Delta \ell$ shu o'zgarishni vujudga keltirayotgan fizik hodisa yoki jarayonning Δx o'zgarishi bilan bog'liq bo'ladi. Shunga ko'ra detektorning sezgirligini umumiy holda $S_d = \frac{\Delta \ell}{\Delta x}$ ko'rinishida

ifodalash mumkin.

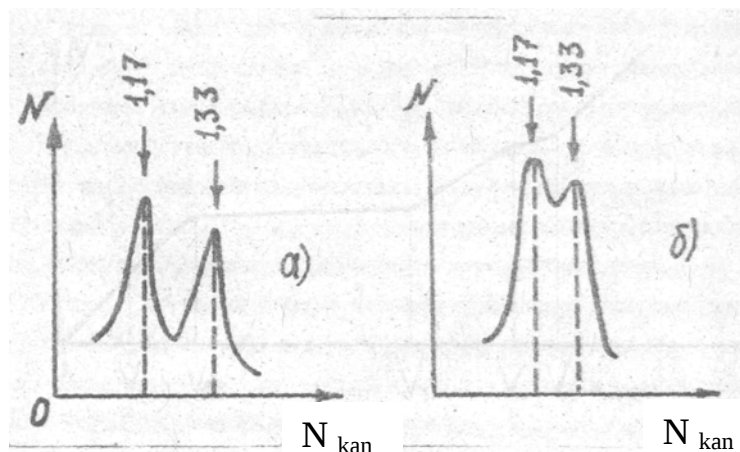
Detektorning yorug'lik kuchi deb, ataluvchi kattalik qayd qilingan zarrachalar sonining manbadan chiquvchi zarrachalar soniga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi. Ta'rifdan ko'rinib turibdiki, yorug'lik kuchi kattaligi asosan zarrachalarni tarqatuvchi manba bilan detektorning o'zaro qanday vaziyatda joylashganligiga bog'liq bo'ladi.

Detektorning yorug'lik kuchi uning apertura burchagi bilan bog'liq bo'ladi. Zarrachalar manbai nuqtaviy ko'rinishda bo'lsa, detektorning undan uzoqlashishi natijasida apertura burchagi ham kichrayib boradi. Natijada detektorning yorug'lik kuchi kamayib boradi.

Ayrim detektorlar zarrachalarni qayd etib bo'lgan, ma'lum bir vaqt oralig'i davomida o'zining qayd qila olish qobiliyatini yo'qotadi. Bu vaqt oralig'i detektorning o'lik vaqti deb ataladi. Xuddi shunday xususiyat qayd qiluvchi apparatlarga ham tegishli bo'lishi mumkin. Odatda ularni birgalikda yig'indi o'lik vaqt sifatida hisobga olinadi.

Detektorlarning o'ziga tushayotgan zarrachalarni ularning energiyasi bo'yicha alohida-alohida qayd qila olish xususiyati uning energiya bo'yicha ajrata olish qobiliyati bilan xarakterlanadi. Agar energiyasi Ye_1 va Ye_2 bo'lgan tushuvchi zarrachalar hosil qilgan

impulslar kattaligi mos ravishda N_1 va N_2 bo'lsa, bu impulslar analizator qurilmasida 1-rasmda ko'rsatilgan spektrlarni hosil qilish mumkin.



1-rasm. Detektorning ajrata olish qobiliyatini tushuntiruvchi spektrlar.

Bu rasmdagi a) grafik ajrata olish qobiliyati yaxshiroq, b) grafik esa nisbatan yomonroq bo'lgan detektorlarga tegishli. Ko'rinib turibdiki, 1 b grafikda 1,17 MEV va 1,33 MEV energiyali γ -kvantlar hosil qilgan spektrlar bir-biriga deyarli qo'shilib ketgan.

Savol va topshiriqlar:

1. Chiqish signali nima?
2. Sanagichlar qanday vazifani bajaradi?
3. Qayd qilish effektivligi deb nimaga aytiladi?
4. Detektorning sezgirligi nima va qanday ifodalanadi?
5. Detektorning yorug'lik kuchi nimalarga bog'liq. Detektorning ajrata olish qobiliyati nima?
6. 1- rasmga e'tibor bering va uni tahlil qiling.

Adabiyotlar

1. Люк П., Л.Юан и Бу Сзан-Сюп Принципы и методы регистрации элементарных частиц. -Москва, изд. ИЛ, 1963, 344 с.
2. Ядерный специальный практикум, под ред. Б.Н.Горячева, част 1. Учеб. пособ. для студентов физич. фак-та. Изд. МГУ 1977, 380 с.
3. А.И.Абрамов, Ю.А.Казанский, Е.С.Матусевич-Основы экспериментальных методов ядерной физики. -Москва, Атомиздат, 1977, 525 с.
4. В.К.Ляпидевский. Методы детектирования излучения. - Москва, энергоатомиздат. 1987, 406 с.

2-§. ZARYADLANGAN ZARRACHALARNING MUHIT BILAN O'ZARO TA'SIRI

Reja:

1. Zaryadlangan zarrachalar muhit orqali o'tayotganda yuz beradigan hodisalarni bayon etish.
2. Ionizatsion yo'qotishni hisoblaydigan tenglamani tushuntirish.
3. Cherenkov-Vavilov nurlanishini tushuntirish.

Tayanch iboralar: *muhit, atom, zarra, yadro, electron, neytral, konversiya, gamma-kvant, tormozlanish.*

Elementar zarrachalar muhit orqali o'tayotganda o'z energiyasini elektronlar va atom yadrolari bilan har xil ta'sir jarayonlarda yo'qtadi. Yo'qotilgan energiya qisman yoki butunlay bo'lishi mumkin. Zarracha tomonidan yo'qotilgan energiya detektorda elektr toki energiyasiga aylantiriladi. Shuning uchun detektorlarning ishlash prinsipi moddaning atom va molekularining uyg'onishi va ionlashtirish tufayli yuz beradigan effektlarni qayd qilishga asoslangan.

Zaryadli zarrachalar muhitga tushganda uning atom va molekulari bilan bevosita to'qnashuvi tufayli ionizasiya va muhit zarrachalarining uyg'onish jarayoni yuz beradi. Gamma-kvantlar va neytral zarrachalar-neytronlar, neytrino, neytral mezonlar va barionlar esa ikkilamchi jarayonlar-foto va kompton effektlarni, γ -kvantlarning elektron-pozitron jufti konversiyasini, yadrolar tomonidan elastik sochilish va yadroviy reaksiyalarni yuzaga keltiradi.

Qayd qiluvchi detektor shu zarrachalarning xossalari va muhit zarrachalari bilan o'zaro ta'sir xarakteriga qarab tanlanadi.

Zarracha tomonidan o'z yo'lida muhitning 1 sm qalinligida yo'qotgan energiyasi – dE/dX ga ionizatsion yo'qotish deb ataladi.

Ionizatsion yo'qotishning quyidagi turlari mavjud: 1) molekula va atomlarning uyg'onishi uchun yo'qotish, 2) tormozlanish nurlanish

uchun yo'qotish, 3) Cherenkov nurlanishi uchun yo'qotish. Katta energiyali zarrachalar bo'lgan hollarda atom yadrolari bilan o'zaro ta'sir uchun yo'qotish yuzaga kelishi mumkin.

Ionizatsion yo'qotish zarracha bilan atomlarning elektron qobiqlari orasidagi noelastik to'qnashish tufayli yuzaga keladi. Muhit orqali o'tayotgan zarracha atom elektronlarining elektromagnit maydoni bilan ta'sirlashib, ularni uyg'ongan holatga o'tkazadi va energiyasi diskret qiymatlarga kamaya boradi.

Yuqorida keltirilgan energiya yo'qotishlar orasida eng ko'p uchraydigani – bu muhitning atom va molekulalarini uyg'otish va ionlashtirish uchun hosil bo'lgan ionizatsion yo'qotish hisoblanadi. Ionizatsion yo'qotish dE/dX elektrondan og'irroq zarrachalar uchun Bete-Blox differensial tenglamasi [1] bilan hisobga olinadi:

$$-\frac{dE}{dX} = \frac{2\pi n z^2 \ell^4}{m \mathcal{G}^2} \left[\ln \frac{2m \mathcal{G}^2 E_{\max}}{J^2 (1 - \beta^2)} - 2\beta^2 - \delta - u \right] \quad (1)$$

Bu yerda n -1 sm³ moddada elektronlar soni, m -elektron massasi $\beta = \mathcal{G} / c$ ($\mathcal{G}$ -zarracha tezligi), Z -zarracha zaryadi, J -muhitning o'rtacha ionizatsion potentsiali, $E_{\max}$ -zarracha tomonidan elektronlarga berilayotgan maksimal energiya, δ -zichlik effektiga kiritilgan tuzatma, U -elektronlarning tormozlanish qobiliyatini ifodalovchi kattalik. $\beta = \frac{\mathcal{G}}{c}$ ning kichik qiymatlarida atomlardagi K- va

L-qobiqlar elektronlari bilan o'zaro ta'siri tufayli hosil bo'ladigan ionizatsion yo'qotishni hisobga oluvchi kattalik. (1) formuladan ko'rinadiki, zaryadli zarrachaning yo'qotgan energiyasi uning to'liq energiyasi $E_{\max}$ ga, β^2 ga va δ kattaliklarga bog'liqdir.

Tormozlanish nurlanish vaqtida ionizatsion yo'qotish faqat yengil zaryadlangan zarrachalar tomonidan yetarlicha katta energiyaga ega bo'lganda hosil bo'ladi. Bunday zarrachalar, asosan, elektronlar hisoblanadi.

Yuqori energiyali elektronlar elektron qobiqqa o'tib yadroning elektr maydonida sochiladi. Bu vaqtda tezligi keskin kamayib kinetik energiyasining ancha qismini yo'qotadi. Buning hisobiga atom elektromagnit nurlanish kvantini tarqatadi.

Zaryadlangan zarrachaning yadroning Kulon kuchlari ta'siridagi olgan tezlanishi uning massasi M ga teskari proporsional va nurlanishga sarflangan energiya tezlanish kvadratiga to'g'ri proporsional, ya'ni $\frac{1}{M^2}$ bo'lgani uchun og'irroq zarrachalarda tormozlanish vaqtida ionizatsion yo'qotish juda kichik bo'ladi. Elektronlarning massasi esa juda kichik bo'lgani uchun ionizatsion yo'qotish asosiy bo'lib qoladi. Undan tashqari tormozlanish vaqtida yo'qotilgan energiya faqat muhitning atom raqami Z ga bog'liq bo'lib qoladi.

Cherenkov nurlarishiga yo'qotilgan energiya sindirish ko'rsatkichi $n > 1$ bo'lgan muhitda zarracha relyativistik tezliklar bilan harakatlanishi vaqtida hosil bo'ladi. Agar $\beta n > 1$ ($\beta = \frac{v}{c}$) shart bajarilsa, ya'ni zarrachaning tezligi muhitdagi yorug'likning tarqalishi tezligidan katta bo'lsa, Cherenkov nurlanishi yuzaga keladi.

(1) formula zaryadlangan zarrachaning muhitda yo'qotgan to'liq energiyasini ifodalaydi, ya'ni Cherenkov nurlanishi vaqtida yo'qotilgan energiyasini ham hisobga oladi. Relyativistik holatlar uchun yo'qotilgan energiyani hisobga oluvchi ifoda Frank-Tamm formulasidan iborat bo'ladi [1].

$$-\left(\frac{dE}{dt}\right)_c = \frac{4\pi^2 e^2}{c^2} \int_{\beta n > 1} \left(1 - \frac{1}{\beta^2 n^2}\right) \nu d\nu \quad (2)$$

bundagi ν -nurlanish chastotasi, $n(\nu)$ -muhitning sindirish ko'rsatkichi bo'lib, ν ning $\beta \cdot n(\nu) > 1$ bo'lgan qiymatlarida integrallanadi. Ko'pchilik atomlarda ν ko'rish sohasiga va yaqin ultrabinafsha

sohasiga mos keladi va integralning qiymatiga v ning ta'siri yetarlicha katta bo'ladi.

Bunday nurlanish uchun ionizatsion yo'qotishning ulushi kichik bo'lsa ham hozirgi vaqtda eksperimental kosmofizikada Cherenkov nurlanishini qayd qiluvchi detektorlar ko'plab qo'llanilmoqda.

Savol va topshiriqlar:

1. Zaryadlangan zarrachalar muhit orqali o'tayotganda qanday fizik hodisa yuz beradi?
2. Zaryadli va zaryadsiz zarrachalar muhit orqaali o'tayotganda muhit zarralari bilan o'zaro ta'sirida qanday farq bor?
3. Ionizatsion yo'qotish deb nimaga aytiladi va qanday hisobga olinadi?
4. Tormozlanish nurlanishi qanday hodisa?
5. Vavilov-Cherenkov nurlanishi qanday hosil bo'ladi?
6. Frank-Tamm formulasini yozing va tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Ю.А.Александров, Г.С.Воронов, В.М.Горбунов и др. Пузырьковые камеры. -Москва, Госатомиздат. 1963, 340 с.
2. S.A.Azimov, Sh.A.Abdujamilov. Elementar zarrachalar fizikasi. - Toshkent, O'qituvchi. 1985, 424 b.
3. В.К.Ляпидевский. Методы детектирования излучения. - Москва, энергоатомиздат. 1987, 406 с.
4. Физический энциклопедический словарь. -Москва, «Советская энциклопедия». 1983. 928 с.

3§. DETEKTORLAYDIGAN QURILMALARNING ASOSIY ELEMENTLARI

Reja:

1. Detektorlaydigan qurilmalarning asosiy elementlarini ko`rsatish.
2. Himoya bloki vazifasini bayon etish.
3. Zaryadlangan zarrachalar oqimining burchak taqsimotini tushuntirish.
4. Geometrik faktorning mohiyatini ko`rsatish.

Tayanch iboralar: *detector, texnika, atom, himoya, zaryad, effektiv, maydon, teleskop, qatlam.*

Barcha detektorlaydigan qurilmalarda qaysi fizik hodisaga asoslanib ishlamasin, quyidagi asosiy elementlar mavjud bo'ladi: 1) bir yoki bir nechta zarrachalarning fizik xossalariga sezgir bo'lgan qayd qiluvchi detektorlar; 2) Kirish kollimatori bilan jihozlangan va detektorlaydigan elementni o'rab turuvchi va fonni pasaytirishga mo'ljallangan himoya; 3) Detektorlarni muttasil energiya bilan ta'minlab turuvchi yuqori kuchlanish hosil qiluvchi kuchaytirgichlar.

O'lchash sharoitlariga ko'ra, murakkab fonda energetik, burchak va vaqt taqsimoti bo'yicha radiasion maydon zarrachalar oqimini ishonchli ravishda aniqlash detektorlarni yasash texnikasiga bog'liq.

Foydalanilayotgan detektor elementlari qayd qilinayotgan zarrachalarga nisbatan yuqori saralash qobiliyatiga ega bo'lishi kerak.

Ma'lumki muhitda zarracha o'z energiyasining ΔE qismini yo'qotadi, natijada detektorlaydigan elementning chiqish zanjirida elektr signal generatsiya qilinadi. Bitta zarracha qayd qilinayotganda tokning qisqa vaqtli bitta impulsi hosil qilinadi. Bunday detektorlaydigan qurilmalar texnikada keng qo'llaniladi.

Undan tashqari geometrik faktor G ham zaryadli zarrachalarni qayd qilishning asosiy omillaridan hisoblanadi. G ning aniq qiymatlarida oqim zichligi ϕ ning o'zgarishi bir xil bo'ladi.

Detektorlovchi qurilmalarning hamma bloklarida himoyadan foydalaniladi. U zarrachalar oqimi zichligini kamaytirishga mo'ljallangan. Yutuvchi himoyaning qalinligi elektronlar va protonlarning chopish masofasiga bog'liq ravishda tanlanadi. Ko'p hollarda himoya materialining atom tartibi Z ga ham bog'liq bo'lib, Z kichik bo'lgan materiallar zaryadli zarrachalarni yetarlicha yutadi. Ayrim hollarda zaiflashtirish effektiv bo'lish uchun ikki qatlamli himoyadan ham foydalaniladi.

Elektronlarning himoyada yo'lini aniq hisoblash uchun energiyasi o'zgarmas bo'lgan bir qancha uchastkalarga bo'lish kerak. Har bir uchastkada tarmoqlanish nurlanishining oqim zichligi, kvantlarning energetik taqsimoti aniqlanadi va himoyaning navbatdagi qatlamlarida uning zaiflanishi hisoblanadi. Grafiklar chiziladi va zaruriy hisoblashlar amalga oshiriladi.

Zaryadlangan zarrachalar oqimining burchak taqsimotini qayd etishda himoya blokida apertura qurilmasidan foydalaniladi. Bu qurilma ham harakatlanayotgan zarrachalar oqimini zaiflashtirish uchun detektorning ko'rish maydonini chegaralaydi. Agar detektorlaydigan element S , kollektorning ko'rish maydoni Ω va zarrachalarni qayd etish effektivligi 100%ga yaqin bo'lsa, signallarning o'rtacha chastotasi zarrachalar oqimi ϕ bilan quyidagicha bog'langan [3].

$$n = \int_{\Omega} \phi d\Omega ds = \phi \int_{\Omega} d\Omega ds \quad (3)$$

Bu yerda $G = \int_{\Omega} d\Omega ds$ -detektorning geometrik faktori deyiladi. Teleskoplarda geometrik faktor detektorlaydigan

elementlarning o'zaro joylashish vaziyatiga va o'lchamlariga bog'liq bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Detektorlaydigan qurilmalar qanday asosiy elementlardan tashkil topgan?
2. Detektorlaydigan qurilmalarning asosiy turlarini aytib bering.
3. Geometrik faktor nima va nimaga bog'liq?
4. Detektorlarda himoya bloki qanday vazifani bajaradi?
5. Zarrachalar oqimining burchak taqsimoti nima?
6. Signallarning o'rtacha chastotasi zarrachalar oqimi bilan qanday bog'langan?

Adabiyotlar

1. П.А.Тишкин. Экспериментальная ядерная физика. Т.1. М. 1983.
2. В.И.Калашникова, М.С.Козодаев. Детекторы элементарных частиц. М., 1966.
3. А.И.Абрамов и др. Основы экспериментальной ядерной физики. М., 1985.
4. А.Г.Огленцев. Дозиметрия ионизирующих излучений. М., 1978.

4-§. GAZ MUHITLI IONIZATSION KAMERALAR

Reja

1. Gaz muhitli ionizatsion kameralarning asosiy turlarini ko`rsatish.
2. Ionizatsion kameralarning tuzilishi va ishlash prinsipi bayon etish.
3. Geyger-Myuller sanagichining asosiy xossalarini bayon etish.
4. Ionizatsion kameralarning afzallik va kamchiliklarini ko`rsatish.

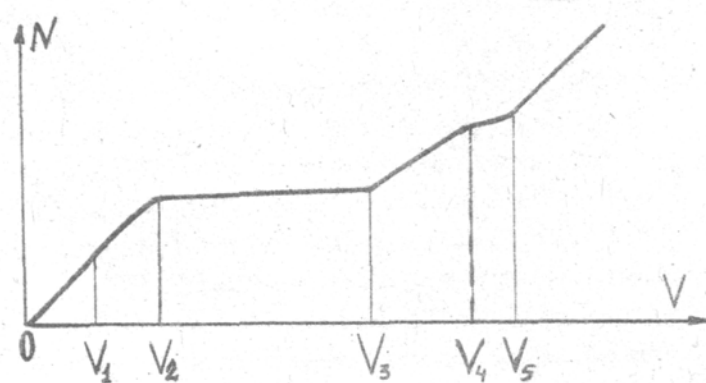
Tayanch iboralar: *gaz, muhit, anod, potensial, kamera, tok, xossa, elektrod, kuchlanish.*

Ma'lumki, zaryadlangan zarrachalar gazli muhitdan o'tganda ionizasiya jarayoni sodir bo'ladi. Gazli muhit har xil potensial berilgan ikki elektrod orasiga joylashtirilsa ionizasiya tufayli hosil bo'lgan elektron va ionlar mos ravishda anod va katodga tomon tartibli harakatlanishi natijasida elektr toki vujudga keladi. Gaz muhitli ionizatsion kameralar ana shunday prinsipda ishlaydi. Lekin elektrodlarga berilgan potentsiallar farqining kattaligiga qarab ular turli xossalarga ega bo'ladi.

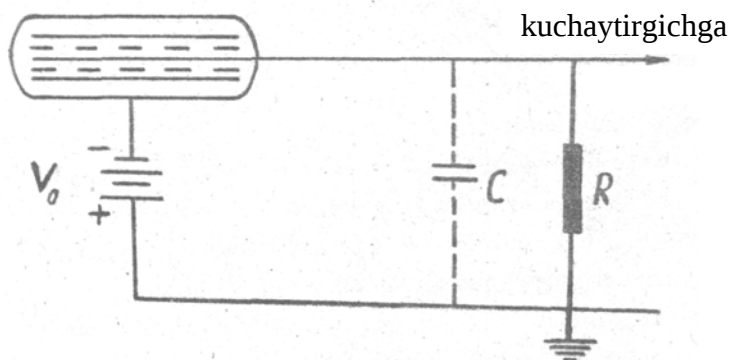
Gaz muhitli ionizatsion kamera (IK)lari yordamida zarracha energiyasini aniq o'lchash uchun ionizasiya tufayli hosil bo'lgan barcha elektron va ionlar kameraning tegishli elektrodlariga yetib borishi lozim. Bunga erishish uchun elektrodlarga yetarlicha potentsiallar farqi berish kerak. IKlar qanday gaz anod zanjirida hosil bo'lgan tokning elektrodlarga berilgan kuchlanishga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafik asosida aniqlanadi. Bunday bog'liqlikning tipik ko'rinishi 2-rasmda ko'rsatilgan.

Rasmdan ko'rinadiki, kuchlanishning oshishi bilan tokning qiymati dastlab tez o'sadi (V_1 , V_2 soha). Chunki kuchlanishning

oshishi tufayli elektrodلarga yetib kelgan elektron va ionlar soni ham oshib boradi. Kuchlanishning V_1 dan V_2 gacha bo'lgan qiymatlarida tok kattaligining o'zgarmasligi vaqt birligi ichida elektrodلarga yetib kelgan zarrachalar soni bir xil ekanligini ko'rsatadi. Kuchlanishning V_3 dan yuqori qiymatlarida tokning yana oshishi anodga tomon yaqinlashib borayotgan elektronلarning energiyasi gaz molekulalarini qayta ionlashtirish uchun yetarli bo'lib qolganligini ko'rsatadi. Oxirgi jarayon birlamchi zarrachaga bog'liq bo'lmagan holda ro'y berganligi tufayli gazning mustaqil razryadlanishi ham deb yuritiladi.



2-rasm. Gaz muhitli Iklarning ishlash rejimini tushuntiruvchi bog'liqlik.



3-rasm. Impulsli rejimda ishlovchi IK sxemasi.

Kuchlanishning uncha katta bo'lmagan qiymatlarida, ya'ni 2-rasmning V_2 - V_3 sohasida ishlovchi IKlar hosil qilgan tokning kattaligi kuchlanishga bog'liq emas va ionizasiya tufayli birlik vaqt ichida hosil bo'lgan ionlar jufti N ning elektron zaryadi e ga ko'paytmasi Ne bilan aniqlanadi.

IKlar tok rejimi yoki impulsli rejimda ishlatiladi. 3-rasmda impulsli rejimda ishlovchi IK sxemasi ko'rsatilgan. IKning katodi R_k radiusli kovak silindr shaklida, anodi esa R_a radiusli ingichka metall ip ko'rinishida tayyorlangan bo'lib, ularning o'lchami $R_k \gg R_a$ munosabatda bo'ladi. IKda hosil bo'lgan tok R qarshilik va S kondensatorlar orqali impuls ko'rinishida kuchaytirgichga uzatiladi. Tokli rejimda ishlovchi IKning elektr zanjiri tarkibiga R qarshilik va S kondensator o'rniga tok kuchaytirgich ulanadi, chunki bunday IKlar hosil qilgan tok qiymati odatda juda kichik (10^{-10} - 10^{-15})A atrofida bo'ladi.

Tokli rejimda ishlovchi IKlar yordamida kamera tushuvchi zarrachalar sonini aniqlash mumkin. Bunday detektorlar sanagich (schetchik)lar ham deb yuritiladi.

Impulsli rejimda ishlovchi IKlar hosil qilgan impulsar amplitudasi va davomiyligi elektr zanjiridagi R va C larning kattaligi bilan aniqlanadi. Agar IK ga tushuvchi zarrachalar uning ishchi hajmida to'la yutilsa, ya'ni o'z energiyasini to'lig'igacha ionizasiya uchun sarflasa, hosil bo'lgan impuls amplitudasi zarracha energiyasiga proporsional bo'ladi. Shuning uchun impulsli IK larning spektrometr sifatida foydalanish mumkin. Energiyasi 5 MeV bo'lgan α -zarrachalar uchun bunday spektrometrlarning ajrata olish qobiliyati 0,5% atrofida bo'ladi.

Gaz muhitli IKlarning yana bir toifasi 2-rasmda ko'rsatilgan grafikdagi kuchlanishning V_3 - V_4 qiymatlari sohasida ishlaydi. Bu sohadagi IK hosil qilgan tokning kattaligi elektrodlarga berilgan kuchlanish va birlamchi ionizasiyaga bog'liq bo'lgani uchun bunday IK lar proporsional schetchiklar (PS) deb ataladi. Ular o'zlarining tuzilishi jihatidan 3-rasmda ko'rsatilgan IKlarga o'xshagan bo'ladi (anodning diametri 10-100 mkm bo'ladi). Ammo ularning anodi atrofidagi maydon kuchlanishi E juda katta bo'lgani uchun elektronlar anodga yaqin masofalarda (bu masofa anod ipi diametriga yaqin) ikkilamchi ionizasiyani vujudga keltirishga qodir bo'lgan energiyaga ega bo'ladilar. Natijada anodga elektronlar «ko'chki»si bosib keladi va tokning qiymati oshadi. Anodda to'plangan barcha elektronlar soni N_A ning, ularning dastlabki soni N_0 ga bo'lgan nisbati $M=N_A/N_0$ gaz kuchaytirish koeffitsiyenti deb yuritiladi. M ning kattaligi maydon kuchlanganligi E ning gaz bosimi P ga bo'lgan nisbati (E/P) ga to'g'ri proporsional.

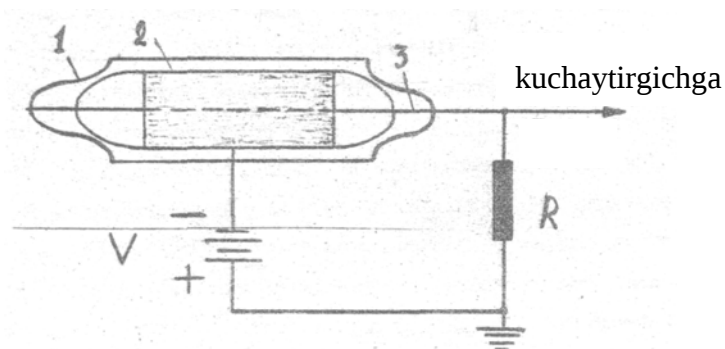
PS hosil qilgan impulsar amplitudasi ham zarracha energiyasi E ga proporsional bo'ladi. Odatda $M=10^3$ - 10^4 , kondensator sig'imi 20 PF bo'lsa, impuls amplitudasi 10^{-1} V atrofida bo'ladi.

PS lar yordamida barcha tur zarrachalarni qayd qilish mumkin.

Gaz muhitli IKlar elektrodlari orasidagi maydon kuchlanganligi yanada oshirilsa, (2-rasm kuchlanishning V_5 dan

katta bo'lgan qiymatlari), fotoionizatsiya jarayoni boshlanadi. Shu tufayli vujudga kelgan fotoelektronlar birlamchi elektronlar bilan bir qatorda ikkilamchi ionizatsiya jarayonida ishtirok etadilar. Natijada chiqish impulsi kattaligi birlamchi ionizatsiyaga bog'liq bo'lmay qoladi, proporsionallik buziladi. Bunday rejimda ishlovchi IKlar Geyger-Myuller schetchiklari deb yuritiladi.

Geyger-Myuller schetchigining tuzilish sxemasi 4-rasmda ko'rsatilgan. U kovak silindr ko'rinishidagi katod va ingichka metall ip ko'rinishidagi anoddan tashkil topgan. Ular germetik rezervuarga mahkamlangan bo'lib, bu hajm 100-200 mm simob ustuniga teng bosimdagi gaz bilan to'ldirilgan. Elektrodlariga bir necha yuz volt kuchlanish beriladi va anod ipi atrofida maydon kuchlanganligi yetarlicha katta bo'ladi.



4-rasm. Geyger – Myuller schetchigining tuzilish sxemasi.

Geyger-Myuller schetchigi (GMS)da ham xuddi PSdagi kabi manfiy ionlar va elektronlar anod ipi atrofida juda qisqa $\sim 5 \cdot 10^{-7}$ s vaqtlar davomida yig'iladi. Ammo musbat ionlar tezligi elektronlarnikiga nisbatan ancha kichik bo'lgani uchun anod ipi atrofidan tezda uzoqlashib keta olmaydi, ular anod ipi atrofida xuddi

musbat «g'ilof» kabi to'planib qoladilar. Ana shu «g'ilof» to katodgacha yetib borib razryad hosil qilmaguncha GMS ning zarrachani qayd qilish sezgirligi yo'qoladi. Bu razryad sodir bo'lishi uchun $10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$ s vaqt kerak. Bu vaqt GMS ning «o'lik vaqti»ga teng.

Musbat ionlar katodga yetib kelgach, undan ikkilamchi elektronlar urib chiqarish mumkin. Natijada qayd qilinuvchi zarrachaga mutlaqo aloqador bo'lmagan razryadlar hosil bo'ladi. Bunday kamchilikni bartaraf qilish uchun GMS elektr zanjiriga «so'ndiruvchi» kontur ulanadi. Uning yordamida schetchikka berilgan kuchlanish GMS bo'sag'a kuchlanishidan past qiymatda saqlab turiladi. Bu vazifani kamera hajmidagi gazni (ms.argon) spirt, efir bilan boyitish yordamida ham bajarish mumkin. Bunday schetchiklar o'zi so'ndiruvchi GMS lar deb yuritiladi.

GMSlarning afzalligi ularning chiqish impulsarlari katta ekanligi, tuzilishining soddaligi, ishonchli ishlashi va arzonligi bilan belgilanadi. Ularning kamchilik tomonlari shundaki, «o'lik vaqti» katta, vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati past (10^{-4} s), shuningdek, ular yordamida zarrachalar energiyasini o'lchab bo'lmaydi.

Savol va topshiriqlar:

1. Gaz muhitli imtizatsion kameralarning ishlashi qaysi fizik hodisaga asoslangan?
2. Ionizatsion kameralarning asosiy turlarini ayting.
3. Geyger-Myuller sanagichining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Ionizatsion kameralarning asosiy afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?

Adabiyotlar

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т. 1,2. –М., Энергоатомиздат, 1993.

2. Широков Ю.М., Юдин К.Л. Ядерная физика. М., «Наука». 1989.
3. Teshaboyev T.M. Yadro va elementar zarralar fizikasi. Toshkent, "O'qituvchi", 1995.
4. Bekjonov R.B. Elementar yadro fizikasi. Toshkent, "O'qituvchi", 1982.

5-§. YARIM O'TKAZGICHLI DETEKTORLAR

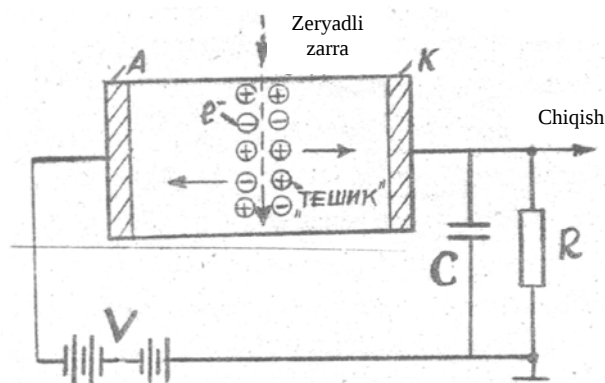
Reja

1. Yarim o'tkazgichlarning fizik xossalarini bayon etish.
2. Yarim o'tkazgichli detektorlarning ishlash prinsiplarini tushuntirish.
3. Yarim o'tkazgichli detektorlarga qo'yiladigan asosiy talablarni ko'rsatish.
4. Yarim o'tkazgichli detektorlarning asosiy afzallik va kamchiliklarini ko'rsatish.

Tayanch iboralar: *prinsip, spektrometr, kristall, shovqin, zaryad, harorat.*

Yarim o'tkazgichli detektorlarning ishlash prinsipi ionizatsion kameranikiga o'xshaydi. Faqat ikkala elektrodlar orasi gaz emas, yarim o'tkazgich modda bilan to'ldirilgan deb qarash kerak. Yarim o'tkazgichli detektor (YaO'D)ning ishlash sxemasi 5-rasmda ko'rsatilgan.

YaUDning asosiy qismi yarim o'tkazgich kristall bo'lib, ular aniq geometrik shaklda (prizma, silindr) tayyorlanadi. Kristall ikkita qarama-qarshi tomonidan elektrodlar orasiga mahkamlangan bo'ladi. Agar YaO'Dga biror zarracha kelib tushsa, uning trayektoriyasi bo'ylab elektronlar va «teshiklar» deb ataluvchi qarama-qarshi ishorali zaryad tashuvchilar hosil bo'ladi. V tashqi kuchlanish berib, kristallning ichida elektr maydoni hosil qilinadi. Elektron va teshiklar shu maydon ta'sirida tegishli elektrodلarga tomon harakat qiladilar. Natijada elektrodلarda zaryad to'planadi. R qarshilik va C kondensatorlar yordamida chiqish impulsi hosil qilinadi. Bu impuls amplitudasi bilan qayd qilinuvchi zarrachaning detektor hajmida yo'qotgan energiyasi orasida chiziqli bog'lanish mavjud bo'ladi. Shuning uchun YaO'Dlar spektrometrik tadqiqotlar olib borishda qo'llaniladi.



5-rasm. Yarim o'tkazgichli detektorlarning ishlash prinsipini tushuntiruvchi sxema.

Yarim o'tkazgichli detektorlarning ishchi xarakteristikalariga qo'yiladigan quyidagi talablar asosida aniqlanishi mumkin.

1. Ionlashtiruvchi zarracha ta'sirida vujudga keladigan zaryad tashuvchilar juftini hosil qilish uchun sarflanadigan energiya E_j imkoni boricha kichik bo'lishi lozim. Chunki E_j qancha kichik bo'lsa, ishchi hajmi bo'ylab vujudga keladigan zaryad tashuvchilar soni shuncha ko'p bo'ladi. Buning natijasida detektorning chiqish signali amplitudasi ham shuncha katta bo'ladi.

2. Ionlashtiruvchi zarracha ta'sirida hosil bo'lgan zaryad tashuvchilarning o'zaro rekombinatsiyasi sodir bo'lishi mumkin. Undan tashqari yarim o'tkazgich moddasi tarkibining bir jinsli bo'lmaganligi tufayli zaryad tashuvchilar elektrodga yetib bora olmasliklari mumkin. Ular ana shu begona jinslar tomonidan «yutib» qolinishi mumkin. Natijada detektorning chiqish signali amplitudasi kichiklashib qolishi mumkin.

3. Ishchi hajmdagi zaryad tashuvchining harakatchanligi bir-biriga yaqin bo'lishi hamda ularning harakat tezligi imkon boricha katta bo'lishi lozim. Chunki ana shunday sharoitdagina chiqish signali amplitudasi zaryad tashuvchilarning detektor ishchi hajmining qaysi nuqtasida hosil bo'lganligiga bog'liq bo'lmaydi.

4. Yarim o'tkazgich moddasining solishtirma qarshiligi qiymati yetarlicha katta bo'lishi lozim. Bu qarshilikning kattaligi $-10^{10} \text{ om} \cdot \text{sm}$ tartibida bo'lishi lozim. Solishtirma qarshilikning kichik qiymatlarida detektorning chiqish signali tarkibidagi foydali va «shovqin» signallar o'z amplitudalari kattaligi jihatidan ajratib bo'lmaydigan darajada bo'lib qoladi (7a–rasmga qarang).

Yuqorida aytib o'tilgan talablarning hammasini bir vaqtning o'zida ijobiy qoniqtiradigan yarim o'tkazgichlar mavjud emas. Bu talablar bo'yicha eng yaxshi ko'rsatkichlar germaniy va kremniy kristallarida kuzatiladi. Ularning asosiy kamchiligi solishtirma qarshiliklarining oddiy sharoitda kichik qiymatda ekanligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun ulardan tayyorlangan detektorlar juda past haroratgacha sovutilgan sharoitlarda ishlatiladi (ana shu tariqa ularning solishtirma qarshiligi oshiriladi).

Yarim o'tkazgichli detektorlar sof kristall holatida yoki donor va akseptor deb ataluvchi boshqa modda atomlari bilan boyitilgan ko'rinishda tayyorlanadi. Ular diffuzion detektorlar deb ham yuritiladi.

Yarim o'tkazgichli detektorlardan zaryadlangan zarrachalar, neytron va γ -kvantlarni qayd qilish hamda ularning spektrini o'lchash maqsadida foydalanish mumkin.

Yarim o'tkazgichli detektorlarning afzallik xususiyatlari avvallo, ularning yuqori ko'rsatkichdagi energetik ajrata olish qobiliyatiga ega ekanligi bilan belgilanadi. Ularning vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati yuqori ($\sim 10^{-9} \text{ s}$) shuningdek, yarim o'tkazgichli detektorlar «o'lik vaqt» ko'rsatkichi bo'yicha eng yaxshi detektorlar qatorida turadi. ($\tau_a = 10^{-9} \text{ s}$).

Ularning kamchilik tomonlari sifatida past temperaturali sharoitning zarurligi va katta hajmi sof kristall moddasi tayyorlashning mushkulligi bilan bog'liq bo'lgan shartlarni ko'rsatish mumkin.

Savol va topshiriqlar:

1. Yarim o'tkazgichli detektorlarning asosiy xususiyatlari nimalardan iborat?
2. Yarim o'tkazgichli detektorlar qanday tuzilgan va ularning ishlash prinsipi qanday?
3. Yarim o'tkazgichli detektorlarga qo'yilgan talablar nimalardan iborat?
4. Yarim o'tkazgichli detektorlarning afzallik va kamchiliklari nima?
5. 7-a rasmga diqqat qiling va "shovqin" hosil bo'lishini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. T.M.Mo'minov, Sh.X.Xushmurodov, A.B.Xoliqulov. atom yadrosi va zarralar fizikasi. Ma'ruza kursi. Samarqand, 2001.
2. Сивухин Л.В.Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. М., «Наука», 1988.
3. Ракобольская Е.Ф. Ядерная физика. М., 1988.
4. Teshaboyev T.M. Yadro va elementar zarralar fizikasi. Toshkent, "O'qituvchi", 1995.

6-§. SSINTILYATSIYA DETEKTORLARI

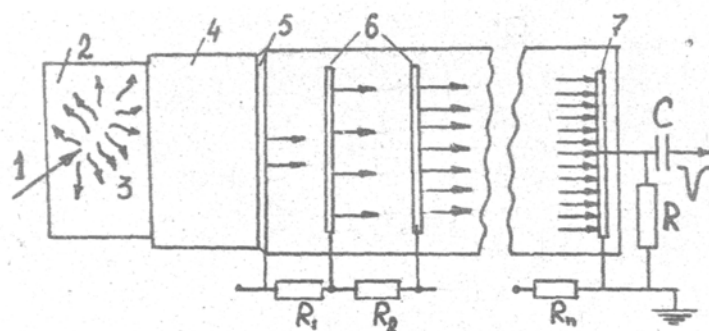
Reja

1. Ssintillyatsion detektorlarning fizik xossalarini ko`rsatish.
2. Ssintillyatsion detektorlarning tuzilishi va ishlash prinsiplarini tushuntirish.
3. Fotoelektron ko`paytirgichlarning(FEK) vazifasini va zaruriyligini tushuntirish.
4. “Shovqin” impulsleri va “sanoq rejimi”ni tushuntirish.
5. Ssintillyatsion schetchiklarning asosiy afzallik va kamchiliklarini ko`rsating.

Tayanch iboralar: *ssintilyatsiya, atom, yuqori qaydetish, zarra, neytral, fotoelektron, molekula, fotokatod.*

Tabiatda shunday moddalar borki, ular ionlashtiruvchi zarrachalar ta'sirida o'zlarida yorug'lik chaqnashlari hosil qiladi. Bunday jarayon ssintillyatsiya, moddalarning o'zlari esa ssintillyator deb ataladi. Ssintillyatorlar NaI, CsI kabi kristall moddalar yoki eritma holatidagi murakkab birikma ko'rinishida, shuningdek, toza yoki murakkab tarkibidagi gaz ko'rinishida bo'lishi mumkin.

Ssintillyator moddalarining turli-tuman bo'lishiga qaramay ulardagi chaqnash jarayonining vujudga kelish sababi bitta hodisaga – moddaning ionlashtiruvchi zarrachalar ta'sirida uyg'ongan holatga o'tib qolishiga asoslangan. Ma'lumki, uyg'ongan holatga o'tgan atom va molekulalar yuqori energetik holatdan past energetik holatga qaytishga intiladi va bunday jarayonda modda o'zidan nurlashi chiqaradi.



6-rasm. Ssintilyasiya detektorining ishlash prinsipini tushuntiruvchi sxema. 1-ionlashtiruvchi zarracha, 2-ssintilyator, 3-yorug'lik chaqnashlari, 4-yorug'lik uzatgich, 5-fotokatod, 6-diodlar, 7-anod.

Ssintillyatorlarning uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tishda chiqargan nurlanish chaqnash tarzida sodir bo'ladi. Ssintillyator shaffof moddadan iborat bo'lsa, chaqnash jarayonini kuzatish mumkin. Odatda bu chaqnashlar juda zaif bo'ladi va shuning uchun amalda ulardan ionlashtiruvchi zarrachalarni qayd qilish maqsadida bevosita foydalanilmaydi.

Ssintillyatsiya jarayonida sodir bo'lgan juda zaif chaqnashlar fotoelektron ko'paytirgichlar (FEK) deb ataluvchi asboblarda yordamida qayd qilinishi mumkin ekanligi aniqlangach, ssintillyasion detektorlash usuli yuzaga keldi va hozirgi paytda bu usul eng an'anaviy usullardan biri bo'lib hisoblanadi. Ssintillyatsiya jarayoni, uning FEK yordamida qayd qilinishi sxemasi 6-rasmda ko'rsatilgan.

Zaryadlangan zarracha (1) ssintillyator moddasi (2) atom va molekulalarini ionlantirish bilan bir qatorda ularni uyg'ongan holatga o'tkazish mumkin. Oldin ta'kidlaganimizdek, uyg'ongan holatdan asosiy holatga o'tayotgan atom va molekulalar o'zlaridan fotonlar chiqaradi va buning natijasida yorug'lik chaqnashlari (3) hosil bo'ladi.

Ssintillyatorning ishchi hajmiga tushgan neytral zarrachalar ularning ssintillyator moddasi bilan bo'lgan o'zaro ta'sirlashuvi natijasida vujudga keluvchi ikkilamchi zarrachalar asosida qayd qilinishi mumkin. Masalan, ssintillyatorga tushgan gamma kvantlarni qayd qilish, ularning ssintillyator moddasi bilan fotoeffekt, kompton effekt, elektron-pozitron juftini hosil qilish kabi o'zaro ta'sirlashuv jarayonlari asosida amalga oshiriladi.

Shunday qilib, ssintillyator (2)da hosil bo'lgan yorug'lik chaqnashlari yorug'lik uzatgich (4) yordamida to'planadi va FEKning fotokatodi (5) tomon yo'naltiriladi. FEKlar odatda shisha ballonlardan tayyorlanadi va uning havosi so'rib olingan bo'ladi. Fotokatod juda ham sezgir moddadan tayyorlanganligi uchun chaqnash fotonlari ta'sirida o'zidan elektronlar chiqaradi. Bu elektronlar tashqi doimiy elektr maydoni ta'sirida katod (5)dan diod (6)larga tomon harakat qiladi. Diodlarning vazifasi o'zlariga tushayotgan elektronlarning sonini bir necha marta ko'paytirib berishdan iborat. Boshqacha qilib aytganda, diodga tushayotgan har bir elektrondan bir nechta elektronni urib chiqarish lozim. Amalda diodlar soni 10-20 tagacha borishi mumkin.

Oxirgi dioddan chiqqan elektronlar anod (7)da to'planib yaxlit bir elektr signali ko'rinishiga keladi. Odatda bu signallar qo'ng'iroqsimon ko'rinishdagi musbat yoki manfiy impulslardan iborat bo'ladi. Agar ssintillyatorning chaqnash vaqtini τ , R va C lar anodga ulangan qarshilik va sig'im kattaligini ifodalasa, $RC \gg \tau$ munosabat bajarilgan holda anodning chiqishida hosil bo'lgan impulsning amplitudasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V = \frac{f \cdot E \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot g \cdot M \cdot e}{h \cdot \nu \cdot c} \quad (4)$$

Bu yerdagi har bir ifodani qisqacha xarakterlab o'tishga to'g'ri keladi. Ssintillyatorga tushayotgan birlamchi zarrachalar energiyasi E, bu energiyaning ssintillyatorga yutilgan qismi esa $f \cdot E$ ifoda

bilan aniqlanadi. B_1 ifoda ssintillyatorning konversion effektivligi deyiladi va uning kattaligi yorug'lik chaqnashlari energiyaining ssintillyatorga yutilgan energiyaga bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi. Odatda bu nisbatning qiymati $B_1 \leq 0,3$ atrofida bo'ladi. Xuddi shunday B_2 ifoda fotokatodning konfersion effektivligi deyiladi va chaqnash jarayonida hosil bo'lgan fotonning fotokatoddan elektronlarni urib chiqarish ehtimoliyatini xarakterlaydi. Odatdagi fotokatodlar uchun $B_2 = 0,05 - 0,1$ atrofida bo'ladi.

Ssintillyatorda hosil bo'lgan chaqnash fotonlarining hammasi ham fotokatodga yetib bora olmaydi (6-rasmga qarang). Chunki chaqnash fotonlarining bir qismi atrofga sochiladi. g fotokatodga yetib borgan fotonlar miqdorini ifodalaydi.

Anodga yetib borgan elektronlar sonining fotokatoddan urib chiqarilgan elektronlarga nisbati FEK ning kuchaytirish koeffisiyenti deb ataladi va M bilan belgilanadi.

Ssintillyatorda hosil bo'lgan fotonlarning o'rtacha energiyasi $h \cdot \nu$ ifoda bilan berilgan va uning qiymati $h \cdot \nu = 3\text{ev}$ atrofida bo'ladi, e-elektron zaryadi. Anod zanjiridagi sig'im C va qarshilik R larning qiymati tadqiqot uchun lozim bo'lgan kattalikda tanlab olinadi. Masalan, $\tau = 10^{-9} - 10^{-5}\text{s}$ bo'lganligidan $RC \gg 10^{-7}\text{c}$ munosabat bajarilishi uchun $R=1$ kom bo'lgandan $C=1-10\text{ }\mu\text{kf}$ atrofida bo'lishi lozim.

(4) munosabatdagi muhim bog'liklik shundan iboratki, boshqa kattaliklar doimiyligi ta'minlangan sharoitda $V \sim E$ bo'ladi, ya'ni impuls amplitudasi ssintillyatorga yutilgan energiya bilan chiziqli bog'lanishga ega. Bunday bog'liqlik asosida zarrachalarni qayd qilish bilan birga ularning energiyasini ham aniqlash mumkin.

Yuqorida ko'rib o'tganimizdek, ssintillyatsiya detektorlari asosan ssintillyator va FEK dan iborat (6-rasmga qarang). Ularni batafsilroq qarab chiqamiz. Noorganik kristalli ssintillyatorlar sifatida asosan NaI , CsI , KI , LiI , ZnS , CaF_2 kristallari ishlatiladi. Bu kristallarning zichligi yetarlicha katta bo'lgani uchun zaryadlangan

zarrachalar va γ -kvantlar bu moddalarda yaxshi yutiladi va shu tufayli ular samarali ravishda qayd qilinishlari mumkin. Yuqori energiyali zarrachalarning yutilishini oshirish uchun kristallarning o'lchamlari ham katta qilib tayyorlanadi.

O'lchamining kattaligi jihatidan qattiq yoki suyuq holatdagi organik eritmali ssintillyatorlar nihoyatda katta qilib tayyorlanishi mumkin. Bunday ssintillyatorlarning o'lchami ularda vujudga keluvchi yorug'lik chaqnashlarini fotokatodda yig'ib berish muammosi bilan muvofiqlashtirilgan holda hal qilinadi. Organik ssintillyatorlarni chaqnash vaqti juda qisqa ($\sim 10^{-9}$ sek) bo'ladi va ular neytral zarrachalar (neytron, gamma zarracha)ni qayd qilishda ko'proq ishlatiladi. O'lchami juda katta ssintillyatorlar yordamida moddalar bilan o'zaro ta'sirlashuvi zaif bo'lgan zarrachalar (masalan-neytrino)ni qayd qilish mumkin.

Noorganik ssintillyatorlarning yorug'lik chiqarish qobiliyatini oshirish maqsadida ularning tarkibi talliy, yevropiy, kumush kabi moddalar bilan aktivlashtirilgan bo'ladi. Ammo sovuq haroratli muhitlar ($T = -200^{\circ}\text{C}$)da aktivlashtirilmagan ssintillyatorlarning yorug'lik chiqarish qobiliyati odatdagi sharoitdagiga qaraganda 10 marta katta bo'ladi.

Ssintillyatsiya detektorlarining ishlash tartibi ko'p jihatdan FEK larga ham bog'liq bo'ladi.

FEKlarning fotokatod qismi ssintillyator moddasida hosil bo'luvchi yorug'lik chaqnashlariga juda sezgir bo'lgan moddadan tayyorlangan bo'ladi, masalan Sb(Cs). Bunday sharoit ssintillyatorda ro'y bergan juda zaif yorug'lik chaqnashlari ta'sirida ham fotokatod sirtidan elektronlarning uchib chiqish imkoniyatini beradi.

Fotokatod qatlami tushayotgan fotonlarning yutilib qolishi va hosil bo'lgan fotoelektronlarning katod sirtidan to'lig'icha uchib chiqishini ta'minlaydigan qalinlikda tayyorlanadi. Fotokatod moddasidan hatto u qorong'ulikda tursa ham termoelektron

emissiya hodisasi tufayli elektronlar chiqib turadi va ularning soni uy harorati sharoitida

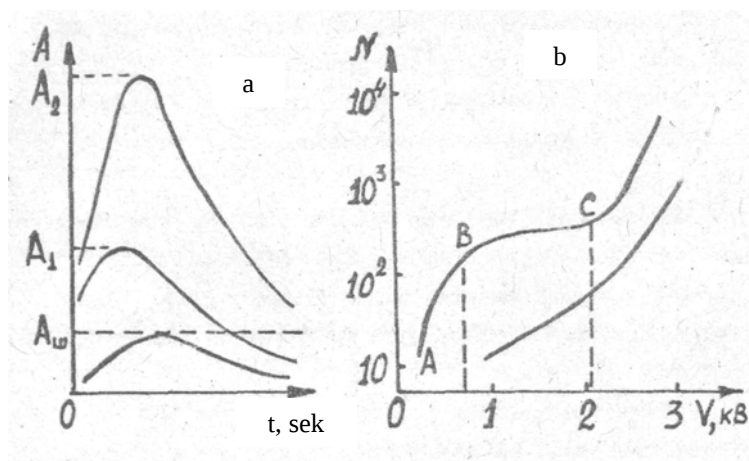
$$N = 10^4 - 10^5 \frac{1}{\text{sm}^2 \text{sek}} \text{ ga teng. Termoelektronlar soni}$$

temperatura kvadratiga bog'liq ravishda ortib boradi, ya'ni $N \sim T^2$.

FEK ning kuchaytirish koeffitsiyenti M ning qiymati diodlardan uchib chiqadigan ikkilamchi emissiya elektronlari soniga, ularning to'laligicha navbatdagi diodlarga hamda anodga yetib borishi bilan aniqlanadi. Sanoatda ishlab chiqariladigan FEKlar uchun $M = 10^5 - 10^8$ ga teng.

Fotokatod va diodlarda vujudga keladigan termoelektronlar ssintillyatorlarda yorug'lik chaqnashi hosil bo'lmagan paytlarda detektorning chiqishida impulslerini vujudga keltiruvchi yana bir sabab FEKning anodi va boshqa elektrodleri oralig'idagi izolyasiyalar bo'ylab «sizib o'tuvchi» tokning yuzaga kelishidir. Izolyasiya moddalarining uy haroratidagi qarshiligi qiymati $R = 10^8 - 10^9$ om, FEK ning kuchlanish taqsimlagichiga beriladigan kuchlanish $V = 1-2$ kV ekanligi uchun «sizib o'tgan» tok kuchining qiymati $1-20$ mk A bo'ladi. Bu toifa «shovqin» impulsleri FEK zanjiriga beriladigan kuchlanish uncha katta bo'lmagan hollarda esa yetakchi rol o'ynaydi. FEKga yuqori kuchlanish berilgan hollarda esa termoemissiya bilan bog'liq bo'lgan «shovqin» impulsleri ustunlik qiladi. Bundan boshqa sabablar bilan bog'liq bo'lgan impulslerinin miqdori unchalik katta emas.

FEKning chiqishidagi impulsler tarkibi 7a-rasmda ko'rsatilganidek kerakli va «shovqin» impulsler to'plamidan iborat bo'ladi. «Shovqin» impulsler amplitudasi A_{sh} odatda kerakli impulsler amplitudasi A_1, A_2, A_3 ga qaraganda 10-100 marta kichik bo'ladi. Shuning uchun impulsler diskriminator deb ataluvchi elektron qurilma yordamida quyi tomonidan «qirqib tashlash» natijasida «shovqin» impulslerden tozalanish mumkin.



7-rasm. «Shovqin» impulslari va «sanoq rejimi» ni tushuntiruvchi grafiklar.

Ssintillyatsiya detektorlarining ishlatishi juda keng tarmoqli va nihoyatda xilma-xil vazifalarni o'z ichiga oladi. Bu usul asosida deyarli barcha zarrachalarni qayd qilish mumkin.

Ssintilyator moddasiga tushgan zarracha energiyasi bilan detektorning chiqishida hosil bo'lgan impuls amplitudasi orasidagi bog'lanish $V \sim E$ dan foydalanib zarrachalarning energiyasi bo'yicha taqsimoti spektrini o'lchash mumkin.

Ma'lumki, detektorlar «sanash tezligi» degan kattalik bilan xarakterlanadi. Ssintillyatsiya detektorlarini «sanoq» rejimida ishlatish uchun ularning birlik vaqt oralig'idagi sanash tezligi bilan FEKga berilgan kuchlanish orasidagi bog'liqlikni aniqlash lozim. Bunday bog'liqlik grafigi 7b-rasmda ko'rsatilgan.

Grafikda keltirilgan 1-egri chiziq sanoq rejimda ishlatishi mumkin bo'lgan detektorga tegishlidir. Egri chiziqning BC uchastkasida sanash tezligining o'zgarmay qolishi kuchlanishning bu orliqdagi qiymatlarida barcha elektronlar anodga yetib kela olganligini ko'rsatadi. C nuqtadan keyingi keskin oshish «sanoq»

rejimiga zid bo'lgan jarayonlarga bog'liqdir. Ana shu egri chiziqning BC qismiga muvofiq holda FEK ning ishchi kuchlanishi tanlanadi. 7b-rasmdagi II-egri chiziq «sanoq» rejimida ishlatib bo'lmaydigan detektorni xarakterlaydi. Unda I egri chiziqdagi kabi BC soha yo'q.

Ssintillyatsiya detektorlari bir kristalli rejimda ishlaydigan oddiy spektrometr, ikki va ko'p kristalli murakkab qurilmalar (teleskop, godoskop) sifatida, zaryadlangan zarrachalar spektrometri sifatida, fotoeffekt, kompton effekt va $e^- - e^+$ jufti hosil bo'lishiga asoslangan turli-tuman ulkan qurilmalarning muhim tarkibiy qismi sifatida ishlatiladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Ssintilyatorlar nima va ular qanday moddalardan iborat?
2. Ssintilyatsiya detektorlari qanday tuzilgan?
3. Sintilyatsiya detektorlarining ishlash prinsiplarini tushuntiring.
4. Foteliktron ko`paytirgichning kuchaytirish koeffisienti nima?
5. Ssintilyatorlarda qanday zarrachalar ko`proq kuzatiladi?
6. Ssintilyatsion usulning asosiy afzalliklari va kamchiliklarini tushuntirib bering.

Adabiyotlar

1. А.И.Абрамов, Ю.А.Казанский, Е.С.Матусевич-Основы экспериментальных методов ядерной физики. -Москва, Атомиздат, 1977, 525 с.
2. Ю.А.Александров, Г.С.Воронов, В.М.Горбунов и др. Пузырьковые камеры. -Москва, Госатомиздат. 1963, 340 с.
3. S.A.Azimov, Sh.A.Abdujamilov. Elementar zarrachalar fizikasi. - Toshkent, O`qituvchi. 1985, 424 b.
4. В.К.Ляпидевский. Методы детектирования излучения. - Москва, энергоатомиздат. 1987, 406 с.

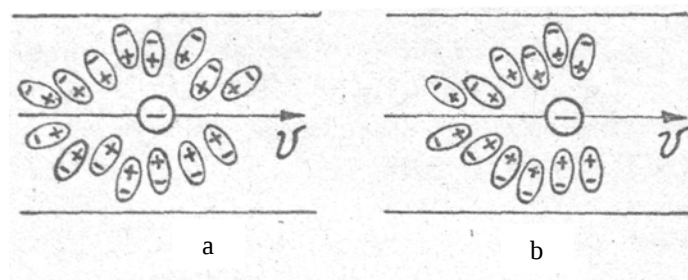
7-§. VAVILOV-CHERENKOV NURLANISHINI QAYD QILISH

Reja

1. Vavilov-Cherenkov nurlanishining kelib chiqishini tushuntirish.
2. Vavilov-Cherenkov nurlanishi hosil bo'lishining asosiy shartlarini ko'rsatish.
3. Fokuslovchi va fokuslanmaydigan detektorlarning tuzilishi va asosiy xususiyatlarini ko'rsatish.
4. Vavilov-Cherenkov detektorining afzallik va kamchiliklarini tushuntirish.

Tayanch iboralar: *dielektrik, modda, maydon, nur, matematik, jarayon, ifoda, optik.*

Yuqorida ko'rganimizdek zaryadlangan zarrachalar moddalardan o'tgan paytda ularning atom va molekulalarini ionlashtiruvchi va qo'zg'algan holatga o'tkazish mumkin. Agar muhit dielektrikdan iborat bo'lsa, uning atomlari zaryadlangan zarrachalarning elektr maydoni ta'sirida qutblanib qolishi mumkin. Bu jarayonni quyidagicha tushuntirish mumkin.



8-rasm. Dielektrikning zaryadlangan zarracha ta'sirida qublanishini tushuntirish sxemasi. a) $v < c$ b) $v = c$ bo'lgan hol.

Dielektrikka zaryadlangan zarracha tushmasidan oldin uning atomlari tarkibidagi elektronlar yadro atrofida tekis taqsimlangan bo'ladi. Zaryadlangan zarrachaning dielektrik orqali o'tishi natijasida bu taqsimot buziladi va uning trayektoriyasiga yaqin turgan atomlar qutblanib qoladi. Harakatdagi zarrachaning ishorasini manfiy deb faraz qilsak, qutblanish natijasida hosil bo'lgan dipollarning zarracha trayektoriyasiga yaqin bo'lgan joylarda ma'lum bir tartib bilan joylashib qolishi 8a-rasmda ko'rsatilgan.

Zarracha moddadan o'tib ketgandan keyin, dipollar o'zlarining oldingi-qutblanmagan holatiga qaytishlari kerak va bu jarayonda ular o'zlaridan elektromagnit nurlanishi chiqaradi. Bunday nurlanish birinchi bo'lib sobiq sovet olimlari S.N.Vavilov va P.A.Cherenkovlar tomonidan kuzatilgan va shuning uchun ularning nomlari bilan atalgan.

Vavilov-Cherenkov nurlanishining hosil bo'lishi uchun moddaning dielektrik bo'lishidan tashqari zaryadlangan zarracha tezligi $\mathcal{V}$ ning qiymati ham muhim rol o'ynaydi. Buning mohiyatini 8a va 8b-rasmlar yordamida tushuntirish mumkin.

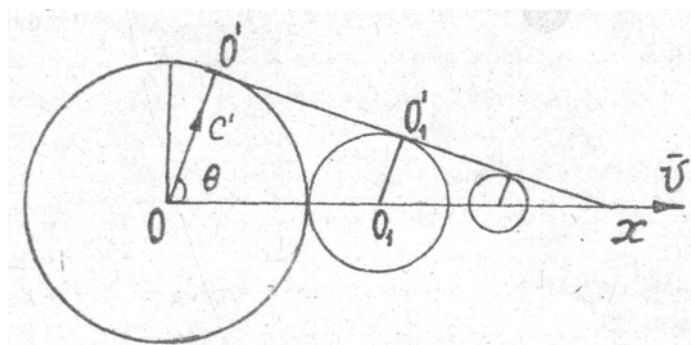
Agar 8a-rasmda ko'rsatilganidek $\mathcal{V} < c$ bo'lsa, vaqtning ma'lum bir lahzasida vujudga kelgan qutblanish jarayoni zarracha va uning trayektoriyasiga nisbatan sferik simmetriyaga ega bo'ladi. Zarracha trayektoriyasi simmetriya o'qi bo'lib xizmat qiladi. Simmetriya o'qining ikki tomonidagi mos atomlar chiqargan elektromagnit to'lqinlar fazasi jihatidan qarama-qarshi bo'ladi va shuning uchun ular bir-birini so'ndiradi.

Endi zaryadlangan zarrachaning sindirish ko'rsatkichi $n > 1$ bo'lgan dielektrik muhitdagi harakatini qaraydigan bo'lsak, bunday sharoitda $\mathcal{V} > c$ bo'ladi, ya'ni

$$\mathcal{V} > c' = \frac{c}{n}, \quad (5)$$

Bu yerda c' yorug'likning shu dielektrikdagi tezligi. (5) ifoda Vavilov-Cherenkov nurlanishining hosil bo'lish sharti hisoblanadi. Haqiqatdan ham, $\beta > c'$ bo'lgani uchun, harakatdagi zaryadlangan zarracha vujudga keltirgan elektromagnit maydonining muhit bo'ylab tarqalishi zarrachaning ilgarilanma harakatiga qaraganda kechikibroq sodir bo'ladi. Shuning uchun muhit atomlarining qutblanish jarayoni ham zarrachaning ortida, biroz kechikibroq ro'y beradi. Bu jarayon 8b rasmda ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, bu holda 8a rasmdagidek, sferik simmetriya mavjud emas. bu dipollarning asosiy holatga o'tishda chiqargan elektromagnit nurlanish biror burchak ostida ro'y beradi.

Vavilov-Cherenkov nurlanishining yo'nalishini aniqlash uchun 9-rasmga murojaat qilamiz.



9-rasm. Vavilov-Cherenkov nurlanish yo'nalishini aniqlashga doir sxema.

Zaryadlangan zarracha t vaqt davomida β tezlik bilan OX masofa o'tadi. Shu vaqt davomida O nuqtadan chiqqan elektromagnit to'lqinlar c' tezlik bilan tarqalib OO' masofa o'tadi. OX to'g'ri chiziqdagi boshqa nuqtalardan chiqqan elektromagnit to'lqinlar ham OO' ga parallel yo'nalishda tarqaladilar (masalan, O_1

nuqta uchun O_1O' yo'nalishda). Ularning umumiy to'lqin fronti $O'X$ to'g'ri chizig'i orqali o'tadi.

Shunday qilib, hosil bo'lgan nurlanishning yo'nalishi OO^1 zarrachaning harakat yo'nalishi bilan θ burchak tashkil etar ekan. Uning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\cos \theta = \frac{OO^1}{OX} = \frac{c' \cdot t}{g \cdot t} = \frac{c'}{g} \quad (6)$$

yoki $c' = \frac{c}{n}$ ekanligidan

$$\cos \theta = \frac{1}{n} \cdot \frac{c}{g} = \frac{1}{n \cdot \beta} \quad (7)$$

(7) ifodadan ko'rinadiki nurlanishning yo'nalishini aniqlasak, harakatdagi zarrachaning muhitdagi g tezligini ham aniqlashimiz mumkin.

(7) ifodadan foydalanib sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan muhit uchun burchakning eng katta qiymatini aniqlash mumkin. $\theta = \theta_{\max}$ bo'lishi uchun $\beta = \frac{g}{c} = 1$ shart bajarilishi, ya'ni zaryadlangan zarrachaning muhitdagi tezligi yorug'lik tezligiga tenglashishi ($g = c$) lozim. Natijada (7) ifodaga muvofiq

$$\cos \theta = \frac{1}{n} \quad \text{va} \quad \theta_{\max} = \arccos \frac{1}{n} \quad (8)$$

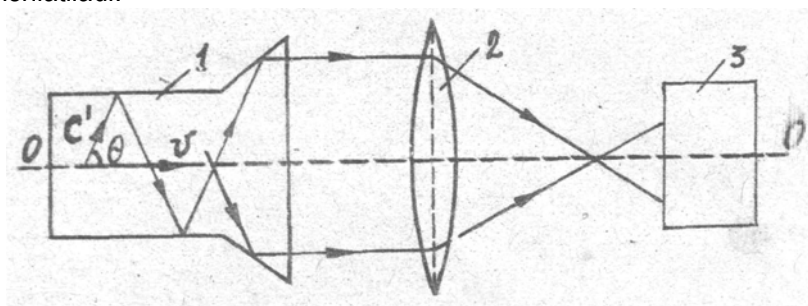
(8) ifodani muhit suv bo'lgan hol uchun tadbiq etsak, $n=1,33$; $g=c$ ekanligini hisobga olib $\theta_{\max}=41,5^\circ$ ga tengligini aniqlash mumkin.

(7) ifodadan ko'rinadiki, zarrachaning ϑ tezligi kamayib borishi bilan θ burchakning qiymatida ham kichrayib boradi va $\cos\theta=1$ qiymati $\theta_{\min}=0$ ga teng bo'ladi. Bu holda Vavilov-Cherenkov nurlanishi kuzatilmaydi.

Vavilov-Cherenkov nurlanishini qayd qiluvchi detektorlar nurlanish jarayonining yuqorida bayon qilingan xossalardan foydalangan holda loyihalashtiriladi va Cherenkov detektorlari deb yuritiladi.

Cherenkov nurlanishini qayd qiluvchi detektorlar zaryadlangan zarrachalar ta'sirida nurlanish hosil qiluvchi ishchi muhit nurlanishi yo'naltiruvchi optik sistema va qayd qiluvchi qism (FEK)lardan tashkil topgan. Ishchi muhit sifatida pleksiglas ($n=1,5$) distillangan suv ($n=1,33$) va boshqa shunga o'xshash moddalar ishlatilishi mumkin.

Optik sistemaning tuzilishiga qarab Cherenkov detektorlari fokuslamaydigan va fokuslovchi bo'lishi mumkin. fokuslamaydigan detektorlar zaryadlangan zarrachalarni sanash maqsadida ishlatiladi.



10-rasm. Fokuslovchi rejimda ishlovchi Cherenkov detektori sxemasi:

1-ishchi muhit (pleksiglas), 2-optik sistema (linza),
3-qayd qiluvchi sistema (FEK).

Fokuslovchi detektorlarning ishlashi zaryadlangan zarrachalarning tezligini (7) formula yordamida aniqlashga asoslangan. Detektorning shakli 10-rasmda ko'rsatilganidek silindr va kesik konuslarning qo'shilishidan hosil bo'lgan ko'rinishda tayyorlanadi. Konusning uchi θ burchakka teng qilib olinadi. Detektorning sirti nurlanishning to'la ichki qaytarish maqsadida metall folga bilan o'raladi. Shunday holda OO^1 yo'nalishda tushgan zaryadlangan zarrachalarning θ burchak ostida hosil qilgan Cherenkov nurlanishi linzaga parallel nurlar ko'rinishida tushadi. Linzadan o'tgan nurlar FEK ga yig'ib beriladi.

Cherenkov detektorlarining afzalligi shundaki, ularning vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati yuqori bo'ladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Vavilov-Cherenkov nurlanishining asosiy sharti nima?
2. Vavilov-Cherenkov nurlanishining fizik mohiyati nimadan iborat?
3. Vavilov-Cherenkov detektorlarining tuzilishi qanday?
4. Fokuslovchi va fokuslanmandigan Vavilov-Cherenkov detektorlari nimasi bilan farq qiladi?
5. Vavilov-Cherenkov detektorlarining asosiy afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?

Adabiyotlar

1. В.К.Ляпидевский. Методы детектирования излучения. - Москва, энергоатомиздат. 1987, 406 с.
2. Физический энциклопедический словарь. -Москва, «Советская энциклопедия». 1983. 928 с.
3. П.А.Тишкин. Экспериментальная ядерная физика. Т.1. М. 1983.
4. В.И.Калашникова, М.С.Козодаев. Детекторы элементарных частиц. М., 1966.

TREKLI QAYD QILISH USULLARI

8-§. Yadro fotoemulsiya usuli.

Reja

1. Yadro fotoemulsiya usulining fizik asoslarini bayon etish.
2. Zaryadlangan zarrachalarning zaryadi, massasi, energiyasi va boshqa parametrlarini aniqlash usullarini ko'rsatish.
3. Yadro fotoemulsiyasi usulining afzallik va kamchiliklarini ko'rsatish.

Tayanch iboralar: *yadro, emulsiya, qatlam, izlar, xarakteristika, ximiyaviy, usul, eksperiment.*

Ionlashtiruvchi zarrachalarni qayd qilishning fotografik usuli eng qadimgi usul bo'lib hisoblanadi. Chunki radioaktiv uran tuzlarning fotografik plastinkasiga ko'rsatayotgan ta'siri asosida radioaktivlik hodisasi kashf etilgan edi.

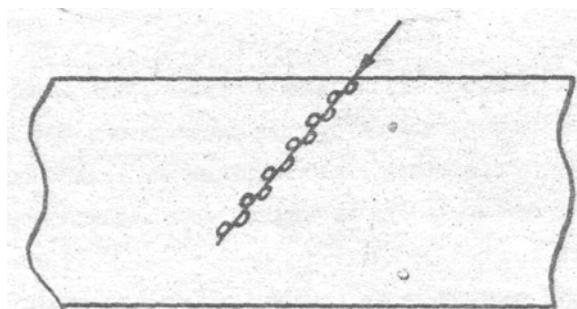
Yadro fotoemulsiya qatlami o'zining tarkibi va qalinligi jihatidan oddiy fotografik plastikasidan farq qiladi. Fotoemulsiya tarkibi AgBr (kumush bromid) mikrokristallarining jelatin moddasidagi o'lchami 0,1-1 mm bo'lib, fotoemulsiya ochiltirilgandan keyin shakli ko'pincha bug'doy doniga o'xshab ketadi.

Fotoemulsiya qatlami orqali zaryadlangan zarracha o'tishi natijasida muhit ionlashtiriladi va zarracha trayektoriyasi bo'ylab yashirin tasvir markazlari hosil bo'ladi.

Zarrachaning emulsiya qatlamida qoldirgan izi maxsus ximiyaviy moddalar ta'sirida ochiltirilgandan keyin ko'rinadigan holatga keladi. Bu jarayon emulsiya aralashmasi tarkibidagi AgBr moddasini kumushning sof metall atom ko'rinishigacha tozalashdan iborat. Bunday tozalash jarayonida faqat zaryadlangan zarrachaning ta'sirida yashirin tasvir markazlariga aylanib qolgan mikrokristallargina ishtirok etishi mumkin. Shuning uchun ochiltirish

reaksiyasi natijasida tozalangan Ag mikrokristallari faqat zarracha o'tgan trayektoriya bo'ylab zanjirsimon donachalar tizimi ko'rinishida hosil bo'ladi.

Emulsiya qatlamining ochiltiruvchi modda ichida uzoq vaqt turib qolishi natijasida ochiltirish jarayoni uning butun hajmi bo'ylab sodir bo'lishi mumkin. Bunday hollarda natijaviy manzaraning ko'rinishi biroz xira tortib qolishi mumkin. Buning natijasida aynan bir xil holatda bo'lgan zarrachalarning bir xil emulsiya qatlamlarida qoldirgan izlari har xil bo'lib ko'rinishi mumkin.



11-rasm. Fotoemulsiya qatlamida zaryadlangan zarracha hosil qilgan iz.

Emulsiya qatlami qalinligi 1 millimetrgacha yetishi mumkin. Katta qalinlikdagi emulsiya qatlamini talab qiluvchi eksperimentlarda jipslab joylashtirilgan bir necha emulsiya qatlamlaridan foydalaniladi.

Emulsiya qatlamining muhim xususiyati shundaki, ochiltirilgan izlar bo'yicha donachalar zichligi bu izga tegishli zarrachaning emulsiya qatlamidan o'tishda sarflangan solishtirma energiya sarfi miqdoriga to'g'ri proaporsional bo'ladi.

$$\frac{\Delta W}{\Delta X} = f\left(\frac{dE}{dX}\right) \quad (9)$$

bu yerda dX –zarracha o'tgan elementar masofa. Shunga ko'ra zarrachalarni ularning emulsiya qatlami birlik uzunligini o'tish uchun sarflagan solishtirma energiyasi miqdoriga qarab ajratish mumkin. Amalda emulsiya qatlami avvalo xarakteristiklari aniq bo'lgan standart zarrachaga asosan darajalanadi, ya'ni (9) bog'liklikning oshkor ko'rinishi aniqlab olinadi (masalan grafik ko'rinishi). Boshqa zarrachalar hosil qilgan bog'liqlik esa standartga nisbatan aniqlanadi.

Emulsiya qatlami usuli bilan zarrachalarning chopish masofasi R ni, ko'p karrali sochilish burchagini o'lchash mumkin. Shuningdek qatlamda sodir bo'lgan ayrim yadro reaksiyalarini tahlil qilish va reaksiya natijasida hosil bo'lgan zarrachalarni identifikatsiya qilish mumkin.

Emulsiya tarkibi toza ximiyaviy elementdan iborat bo'lmaganligi uchun bunday maqsadda o'tkazilgan eksperimentlar tahlili identifikatsiya jarayonlari ancha murakkab va chigal natijalarga olib keladi. Shunga ko'ra bu usul unchalik keng qo'llanilmaydi.

Savol va topshiriqlar:

1. Yadro fotemulsiyasi usuli qanday fizik va ximik jarayonlarga asoslangan?
2. Solishtirma enirgiya sarfi nima?
3. Yadro fotoemulsiya usuli bilan zarralarning qanday asosiy fizik parametrlari aniqlangan?
4. Bu usulning afzallik va kamchilik tomonlarini ko'rsatib bering?

Adabiyotlar

1. Сивухин Л.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. М., «Наука», 1988.
2. Ракобольская Е.Ф. Ядерная физика. М., 1988.
3. А.Г.Огленцев. Дозиметрия ионизирующих излучений. М., 1978.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. Т. 1,2. –М., Энергоатомиздат, 1993.

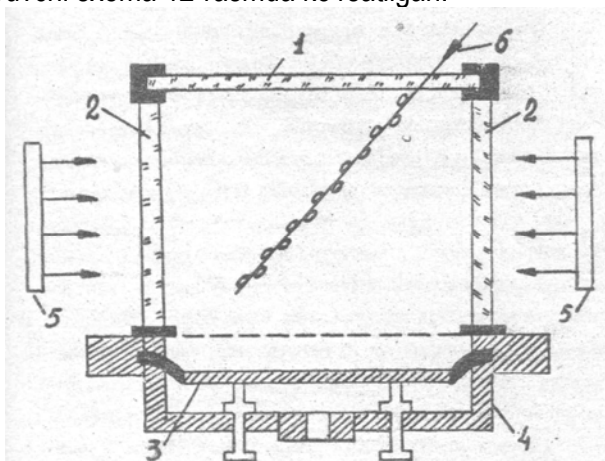
9-§. VILSON KAMERASI

Reja

1. Vilsom kamerasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirish
2. Vilson kamerasidan zaryadli zarralarning parametrlarini magnit maydoni yordamida aniqlashni ko`rsatish.
3. Vilson kamerasining afzalik va kamchiliklarini bayon etish.

Tayanch iboralar: *burchak, kamera, molekula, magnit, maydon, diafragma, holat, surat, tezlik.*

Vilson kamerasining ishlash prinsipi o'ta to'yingan holatdagi bug' moddasining ionlashtiruvchi zarrachalar ta'sirida suyuqlik tomchilariga aylanish hodisasiga asoslangan. Bu jarayonni tushuntiruvchi sxema 12-rasmda ko'rsatilgan.



12-rasm. Vilson kamerasining ishlash prinsipini tushintiruvchi sxema.

Vilson kamerasing ko'rinishi to'g'ri burchakli parallelopiped shaklida bo'lib, uning ustki qismi va yon devorlari shaffof materialdan tayyorlanadi, (12-rasm (1) va (2)). Kameraning ostki qismi (3) yuqori va pastga siljiy oladigan diafragma ko'rinishida tayyorlanadi. Diafragmani (4) moslama yordamida surib kamera hajmini kamaytirish yoki oshirish mumkin. Diafragmaning ichki sirti fotosuratning sifatini yaxshilash maqsadida qora rangda bo'ladi. Kameraning yon tomonlariga yoritish sistemalari (5), ustki tomoniga esa suratga olish uchun fotoapparat o'rnatilgan bo'ladi.

Kameraning ishchi hajm spirt yoki suvning gaz-bug'simon moddasi bilan to'ldirilgan. Kamerada ishchi rejim hosil qilish uchun bug'ni o'ta to'yingan holatga keltirish lozim. Bunday holatda ishchi bug' bosimi mavjud temperaturadagi to'yingan bug' bosimidan katta bo'lishi lozim. Kamera hajmida bug'ning o'ta to'yingan holatini hosil qilish uchun uning hajmi (3) diafragma yordamida tezlik bilan oshiriladi. Vujudga kelgan holat juda ham beqaror bo'lib, moddaning kondensasiyalanishga (ya'ni bug'-gaz holatidan suyuq holatga o'tishga) o'tish ehtimoliyati juda katta bo'ladi. Shu paytda kamera hajmiga zaryadlangan zarracha (6) tushib qolsa, u ishchi bug' molekulalariga ionlashtiruvchi ta'sir ko'rsatadi. Hosil bo'lgan ionlar kondensasiya markazlari vazifasini bajaradi. Natijada zaryadlangan zarracha trayektoriyasi bo'ylab tomchilar zanjiri hosil bo'ladi. Xuddi shu paytda impulsli lampalar (5) bilan yoritilgan kamera ichidagi manzara fotoapparat yordamida suratga tushiriladi.

Kameraning ish sikli hajmi kengayish, suratga tushirish va siqish jarayonlaridan iborat. Ishchi hajmini kengaytirish 0,1-0,01 sek. davom etadi. Suratga tushurish vaqti esa kameraning sezgirlik vaqti t_s bilan xarakterlanadi. Sezgirlik vaqti deganda kameraning o'ziga tushgan zaryadlangan zarrachalarga tegishli tomchilar hosil qilishga qodir bo'lgan vaqt oralig'ini tushunish lozim. Bu vaqt oralig'i 0,05-0,5 sek. tartibda bo'ladi. Ishchi jarayonning oxirida kameradagi temperatura boshlang'ich temperaturaga qaraganda ancha yuqori bo'lib qoladi. Kamerani boshlang'ich

temperaturagacha sovutish vaqti kamera loyihasiga qarab 1-10 sek. oraliqda o'zgarishi mumkin.

Vilson kamerasini doimiy magnit maydonga joylashtirish yordamida kamera tushgan zarrachalarni zaryadlari bo'yicha ajratish mumkin, shuningdek ularning egrilik radiuslarini o'lchash asosida impulslari va energiyalarini aniqlash mumkin bo'ladi. Vilson kamerasi ishtirokida amalga oshirilgan barcha eksperimentlar natijasi fotosurat (plyonka) ko'rinishda bo'ladi. Fotosuratning sifatli chiqishi juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'ladi, shu jumladan kameraning juda intensiv yoritilishi va yoritish sistemasi impulsli bo'lishi lozim. Zaryadlangan zarrachalar hosil qilgan izlar yo'g'onligi suratga tushirish lahzasi, tomchilar hosil bo'lishining qaysi paytiga to'g'ri kelganligi bilan aniqlanadi; kameraning kengayishi jarayonida gaz-bug' moddasining turbulent oqimi tufayli, hamda boshqa sabablarga ko'ra suratga tushirilayotgan manzara biroz buzilishi mumkin.

Savol va topshiriqlar:

1. Vilson kamerasining ishlash prinsipi qaysi fizik hodisaga asoslangan?
2. Vilson kamerasining tuzilishi qanday?
3. Kameraning ish sikli nimalardan iborat?
4. Kameraning sezgirlik vaqti nima?
5. Kamera yordamida zaryadli zarralarning zaryadini aniqlash uchun qanday tadbir qo'llaniladi?
6. Vilson kamerasining asosiy afzallik va kamchiliklarini ko'rsating.

Adabiyotlar

1. В.И.Калашникова, М.С.Козодаев. Детекторы элементарных частиц. М., 1966.

2. А.И.Абрамов и др. Основы экспериментальной ядерной физики. М., 1985.
3. Люк П., Л.Юан и Бу Сзан-Сюп Принципы и методы регистрации элементарных частиц. -Москва, изд. ИЛ, 1963, 344 с.
4. Ядерный специальный практикум, под ред. Б.Н.Горячева, часть 1. Учеб. пособ. для студентов физич. фак-та. Изд. МГУ 1977, 380 с.

10-§. PUFKCHALI KAMERA

Reja

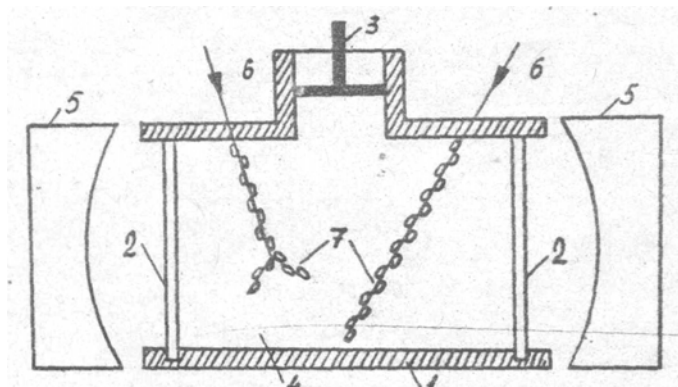
1. Pufakchali kamerada yuz beradigan fizik jarayonni tushuntirish.
2. Pufakchali kameraning tuzilishi va ishlash prinsipini berish.
3. Har bir izga mos keluvchi zarrachani aniqlash usullarini bayon etish.
4. Pufakchali kameraning afzallik va kamchilik tamonlarini ko`rsatish.

Tayanch iboralar: *kamera, bosim, zarra, propan, vodorod, jaryon, pufak, magnit, ta'sirlashuv.*

Yadro va elementlar zarrachalar fizikasi taraqqiyoti yuksalishida pufakchali kamera alohida ahamiyatga ega. Buning sababi shundaki, pufakchali kamera vositasida uning ishchi hajmiga tushgan ionlashtiruvchi zarrachalar harakati ko`rinadigan holatga keltirilishi va bu manzaraning suratini olish mumkin. Agar kameraga tushgan zarracha ishchi hajm moddasi bilan o`zaro ta'sirlashuvda ishtirok etgan bo`lsa, reaksiya natijasida hosil bo`lgan zarrachalarning kinematik manzarasi suratini ham olish mumkin. Olingan suratlar asosida ta'sirlashuv jarayonini bosqichma-bosqich tahlil qilish, suratda aks etgan chiziqlar qaysi zarrachalar tomonidan hosil qilinganligini aniqlash va shu asosda birlamchi zarrachaning ishchi kamera moddasi bilan bo`lgan o`zaro ta'sirlashuv jarayoni manzarasini to`lalgicha tiklash mumkin bo`ladi.

Pufakchali kameraning ishlash jarayonini tushuntiruvchi sxema 13-rasmda ko`rsatilgan. Kameraning asosi va ustki zanglamaydigan metall(1)dan, yon devorlari esa shaffof plastikalar(2)dan tashkil topgan.

Pufakchali kameraning ishlash prinsipi o'ta qizdirilgan holatda bo'lgan suyuqlik orqali ionlashtiruvchi zarracha o'tgan paytda zarracha traektoriyasi bo'ylab suyuqlikning qaynay boshlash hodisasiga asoslangan. Ana shu ixtirosi uchun D.Glezer 1954 yilda Nobel mukofotiga sazavor bo'lgan.



13-rasm. Pufakchali kamera.

1-metall korpus, 2-shaffof yon sirtlar, 3-porshenli mexanizm, 4-ishchi suyuqlik, 5-doimiy magnit, 6,7-ionlashtiruvchi zarrachalar va ularning kamerada hosil qilgan izlari.

Kameraning ustki qismi (3) porshenli moslama bilan ta'minlangan. Bu moslama yordamida kamera ichida lozim bo'lgan bosim hosil qilish va uni o'zgartirish mumkin.

Kamerada ishchi jarayoni hosil bo'lishi uchun uning ishchi hajmidagi suyuqlik (4) o'ta qizdirilgan holatda bo'lishi lozim. Chunki o'ta qizdirilgan holatdagi suyuqlik ionlashtiruvchi zarrachalarga nisbatan o'ta sezgir muhitga aylanib qoladi. Bunday hollarda muhitga tushgan zaryadlangan zarracha trayektoriyasi bo'ylab qaynash pufakchalari kattalashib boradi va suyuqlikning erkin sirti tomon harakatlana boshlaydilar. So'ngra suyuqlik shiddat bilan qaynay boshlaydi.

Suyuqlikning o'ta qizdirilgan holati uning temperaturasi va bosimi bilan xarakterlanadi. Bunda suyuqlikning ishchi temperaturasi uning qaynash temperaturasi T_k dan katta bo'lishi kerak, y'ani $T_i > T_k$. Ko'rinib turibdiki, bunday shartning bajarilishi uchun suyuqlikning ishchi bosimi P_i suyuqlikning qaynash temperaturasi T_k ga to'g'ri keluvchi tashqi bosim P_T dan kattaroq bo'lishi kerak. Ana shu shart bajarilganda suyuqlik qaynamay turadi. Lekin shu paytda suyuqlik bosimini tezlik bilan P_i dan P_k qiymatgacha kamaytirilsa (buning uchun porshenni keskin ko'tarish kerak, 13-rasm), o'ta qizdirilgan holat vujudga keladi.

Shu paytda kuzatilishi lozim bo'lgan zaryadlangan zarracha kamera hajmiga tushsa, u o'zining harakat yo'nalishi bo'ylab pufakchalar hosil qiladi. Sodir bo'lgan jarayon uning boshlanishidagi qisqa lahzalar davomida fotoapparat bilan suratga tushiriladi.

13-rasmdagi sxemada fotoapparat va kamerani yorituvchi moslamalar ko'rsatilmagan. Rasmda ko'rsatilganidek, zaryadlangan zarracha kamera ishchi hajmini to'lig'icha o'tib ketishi yoki ishchi suyuqlik moddasi bilan o'zaro ta'sirlashuvi natijasida shu hajmda yutilib qolishi ham mumkin. Kamera ishchi hajmiga tushgan, shuningdek shu hajmning o'zida tug'ilgan zaryadlangan zarrachalarni ularning zaryad ishorasi bo'yicha ajratish uchun pufakchali kamera kuchli magnit maydoniga (13-rasm, (5)) joylashtiriladi.

Kameradagi jarayonni to'g'ri tahlil etish maqsadida fotoapparatlar kamida 2 ta o'zaro perpendikulyar tekisliklar bo'yicha o'rnatilgan bo'ladi. Ravshanki, bu tadbir natijasida zarrachalar trayektoriyasining X tekislikdagi proyeksiyasi uning Y-tekislikdagi proyeksiyasi bilan taqqoslanishi mumkin. Zarracha trayektoriyasining fazoviy ko'rinishini faqat shu usul bilangina tiklash mumkin.

Pufakchali kamera yuqori energiyali zarrachalar fizikasini o'rganishga bog'liq bo'lgan tadqiqotlarda ko'proq ishlatiladi. Tadqiqotlar g'oyat xilma-xil bo'lishiga qaramay pufakchali kameraning foydalanish maqsadiga qarab 2 guruhga bo'linadi. Birinchidan, pufakchali kamera ishchi hajmidan nishon modda sifatida foydalanish, ikkinchidan, mazkur reaksiya natijasida hosil bo'lgan zarrachalarning parchalanishini o'rganish. Shu talab va maqsadlar kameraning

o'lchamlari va hajmi qanday bo'lishini, ishchi modda tarkibini belgilaydi. Kameraning ishchi hajmi o'lchamlari bir necha santimetrdan bir necha metrga o'zgarishi mumkin. Shunga muvofiq ravishda magnit qurilmasiga sarflanadigan metall miqdori minglab tonnalargacha yetishi mumkin.

Zarrachalarni qayd qilishning pufakchali kamera usuli yordamida olingan fotosuratlar avvalo zarrachalar trayektoriyasini o'rganishga imkon beradi. Har bir izga mos keluvchi zarrachani aniqlash quyidagi usullar bilan amalga oshiriladi.

1. Kuchlanganligi H bo'lgan magnit maydonidagi egrilik radiusi r ni o'lchash yordamida zarracha impulsini aniqlash, ya'ni $P=300H r$.

2. Zarrachaning yugurish masofasi R ni o'lchash yordamida R bilan energiya orasidagi bog'lanish $R-f(E)$ ni aniqlash.

3. Ko'p karrali sochilish burchagi θ ni o'lchash yordamida impuls

P yoki nisbiy tezlik β ni aniqlash, ya'ni $P\beta = K \frac{\sqrt{\ell^2}}{\theta}$ bu yerda ℓ

traektoriya uzunligi, K -sochilish koeffitsiyenti.

Bu usulning afzalliklari quyidagicha: Effektivlik juda katta; reaksiya jarayoni, manzarasini, birlamchi zarrachalar va reaksiya natijasida hosil bo'lgan zarrachalar kinematikasini qayta tiklash va tahlil qilish mumkin.

Kamchilik tomoni sifatida suratga tushirilayotgan jarayonlardan, shuningdek, reaksiyada ishtirok etayotgan zarrachalardan faqat tadqiqot uchun kerakli bo'lganlarinigina ajratib olish imkoniyatining yo'qligini ko'rsatish mumkin. Bunday kamchilik tufayli lozim bo'lgan jarayon yoki zarrachani o'rganish uchun juda ko'p sondagi boshqa suratlarni ham kuzatishga to'g'ri keladi.

Savol va topshiriqlar:

1. Pufakchali kameraning ishlash prinsipi qanday fizik hodisaga asoslangan?
2. Kameraning tuzilish sxemasini tushuntirib bering.
3. Kamera ishchi xajmining o'lchamlari qanday?

4. Har bir izga mos keluvchi zarralarning fizik parametrlarini aniqlash qanday usullarga asoslangan?
5. Kameraning asosiy afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?

Adabiyotlar

1. Ракобольская Е.Ф. Ядерная физика. М., 1988.
2. П.А.Тишкин. Эксприментальная ядерная физика. Т.1. М. 1983.
3. S.A.Azimov, Sh.A.Abdujamilov. Elementar zarrachalar fizikasi. - Toshkent, O'qituvchi. 1985, 424 b.
4. Ю.А.Александров, Г.С.Воронов, В.М.Горбунов и др. Пузырковые камеры. -Москва, Госатомиздат. 1963, 340 с.

11-§. UCHQUNLI KAMERA

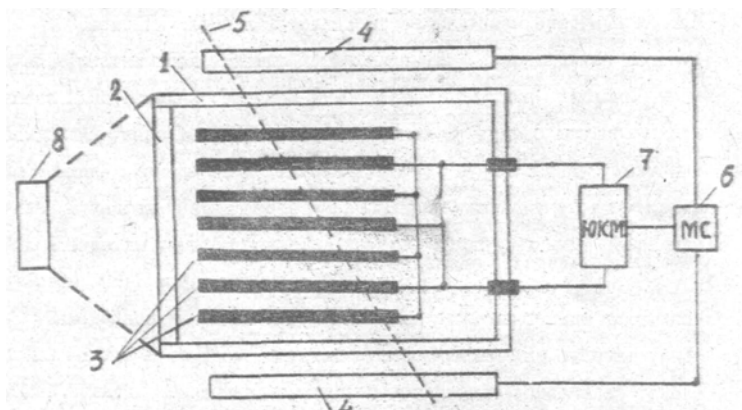
Reja

1. Uchqunli kameraning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntirish.
2. Uchqunli kameraning ish imkoniyatlaridan foydalanishni ko`rsatish.
3. Strimer kamerasidan foydalanishni o`rgatish.
4. Uchqunli kameraning asosiy afzallik va kamchiliklarini bayon etish.

Tayanch iboralar: *trayektoriya, uchqun, surat, elektrodlar, maydon, kamera, effektiv, kesim, harakat.*

Uchqunli kameraning ishlashi ionlashtirilgan gazning kuchli elektr maydoni ta'sirida uchqun ko'rinishida razrayadlanishiga asoslangan. Uchqunli kameraning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiruvchi sxema 14-rasmda ko'rsatilgan.

Uchqunli kamera gaz to'ldirilgan germetik idish (1)dan iborat bo'lib, uning ichiga yassi plastinkalar to'plami (3) joylashtirilgan. Bu plastinkalarning yarmi bittadan oralatib yuqori kuchlanishli tok manbaining manfiy qutbiga, yarmi musbat qutbiga ulangan. Buning natijasida elektrodlar oralig'idagi muhit bo'ylab elektr maydoni hosil qilinadi.



14-rasm. Uchqunli kameraning tuzilishi va ishlashi.

1-korpus, 2-shaffof sirt, 3-yassi elektrodlar, 4-boshqaruvchi detektorlar, 5-ionlashtiruvchi zarracha, 6-moslashuv sxemasi (MS), 7-yuqori kuchlanish manbai (YuKM), 8-fotoapparat.

Ma'lumki, odatdagi sharoitda gaz muhit elektr o'tkazuvchanlikka ega emas. Lekin kameraga zaryadlangan zarracha tushsa, uning trektoriyasi bo'ylab gaz molekulalarining ionlashuvi sodir bo'ladi. Buning natijasida elektrodlar oralig'ida ionlar va erkin elektronlardan iborat zaryadlangan zarrachalar hosil bo'ladi. Ular muhit bo'ylab elektr o'tkazuvchanlik kanallarini hosil qilishadi. Shu payt elektrodلarga yuqori kuchlanish impulsi berilsa (10-100 kV miqdorida) gazning uchqunli teshilishi sodir bo'ladi.

Ma'lumki, gazning uchqunli razryadi paytida ionlar va erkin elektronlar katta tezlik bilan, xuddi quyun kabi harakat qiladilar. Bunday harakat natijasida yuqori temperatura hosil bo'ladi va kuchli yarqirash-uchqun sodir bo'ladi. Bu uchqunlarning chaqnashi elektrodلar orasidagi zaryadlangan zarracha tomonidan hosil qilingan o'tkazuvchanlik kanallari bo'ylab sodir bo'ladi. Zarrachaning kamerada o'tgan izi manzarasini fotoapparat yordamida suratga olinadi.

Uchqunli kameraning hajmi, tuzilishi, ishchi muhit tarkibi tadqiqot maqsadiga muvofiq har xil bo'lishi mumkin. Uning elektrodleri sathining kattaligi bir necha o'n kvadrat metrqa yetishi mumkin. Elektrodler orasidagi masofa esa bir necha millimetrdan o'nlab santimetrgacha o'zgarishi mumkin.

Bu usulning o'ng'ayligi shundaki, jarayonlarning suratqa olinishi oldindan rejalashtirilishi mumkin. Bu vazifa boshqaruvchi detektorlar (4) yordamida moslashuv sxemasi (7) orqali amalqa oshiriladi. Buning uchun detektorlar (4) ma'lum xususiyatlarga ega bo'lgan zarrachalar uchib o'tgan holdagina MS moslashuv sxemasi vositasida YuKM yuqori kuchlanish manbaini ulaydi. Shundagina elektrodlerqa yuqori kuchlanish impulsi beriladi va kamera ishqa tushadi.

Kamerani doimiy magnit maydonga joylashtirib zarrachaning zaryadi va impulsini aniqlash mumkin.

Uchqunli kameraning kamchiligi shundaki, unda hosil bo'lgan uchqunlarning chaqnashi aynan zarracha o'tgan iz bo'ylab emas, elektrodler orasidagi elektr maydon kuch chiziqlari yo'nalishi bo'ylab ro'y beradi. Bunday asbob yordamida zarrachalarning koordinatasini o'lchash aniqligi elektrodler orasidagi masofa bilan belgilanadi.

Bunday o'ng'aysizlik STRIMER kamerasining yaratilishi tufayli bartaraf etildi. Kameraning elektrodleri oraliqlari 50 sm va undan katta qilib tayyorlanadi. Bu usulning mohiyati shundaki, gazning razryadlanish jarayoni chaqnashning ayni rivojlanish paytida sun'iy ravishda ketma-ket tarzda uzib turiladi. Hosil bo'lgan chaqnashlarning uzunligi bir necha millimetrdan iborat bo'ladi va zarrachaning izi aynan uning trayektoriyasi bo'ylab uzlukli chiziqlar zanjiridan iborat bo'ladi. Bunday usul asosida zarrachaning g'oyat murakkab harakati manzarasi ham aslidagidek qilib tiklanishi mumkin.

Strimer kamerasi rejimda ishlovchi qurilmalarining afzalligi shundaki, alohida uchqunlarning yorqinligi har xil zarrachalar uchun turlicha bo'ladi.

Strimer kameralari odatda 90% neon va 10% geliy gazlari bilan to'ldiriladi. Uzlukli uchqunlar hosil qilishning ravonligini ta'minlash uchun boshqaruvchi impulslarning davom etish vaqti 10 sekunddan oshmasligi lozim. Mazkur impulslarning amplitudasi juda katta-million voltgacha borishi mumkin. Strimer kamerasining eksperimentda qo'llanilishi ana shunday murakkab vazifalarning bajarilishi bilan bog'liqdir.

Biz yuqorida ko'rib o'tgan trekli detektorlarning har biri o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Ularning biror tadqiqotda ishlatilishi shu ko'rsatkichlar bilan belgilanishi mumkin. Lekin ularni kamera ichidagi modda tarkibi va zichligiga qarab umumlashtirish, hamda taqqoslash mumkin.

Ma'lumki Vilson kamerasining ishchi moddasi bug'-gaz holatida bo'ladi. Vodorod bilan to'ldirilgan kameradagi muhit zichligining eng katta qiymati 1 sm^3 hajmiga 10 ta yadro to'g'ri keladi. Bunday siyrak muhitlarda ro'y beradigan yadro reaksiyalari jarayoni effektiv kesimi uncha katta bo'lmaydi.

Fotoemulsiya qatlami usulida ishchi hajm zichligi Vilson kamerasidagiga qaraganda 1000 martalar katta bo'ladi. Shunga muvofiq ravishda emulsiya qatlamida ro'y beradigan yadro o'zaro ta'sirlashuvlari ehtimoli ham katta bo'ladi. Ammo ulardan sof holdagi nishon sifatida foydalanib bo'lmaydi.

Pufakchali kamerani yuqorida bayon qilingan ikkala metodning afzallik tomonlarini o'zida mujassamlashtirgan usul deb hisoblash mumkin. Kamera suyultirilgan vodorod bilan to'ldirilsa uning birlik hajmida $3 \cdot 10^{19}$ ta nuklon bo'ladi. Suyultirilgan ksenon bilan to'ldirilgan holda bu ko'rsatkich $1,5 \cdot 10^{24}$ ga teng bo'ladi.

Kameraning ishchi hajmi sof nishon modda sifatida qo'llanilishi mumkin va shu bilan birgalikda yadro to'qnashuv jarayonlari effektiv kesimi samaradorligi ham oshadi.

Uchqunli va strimer kameralari yuqorida ko'rsatilgan afzalliklar bilan birgalikda ishchi modda tarkibida sodir bo'ladigan jarayonlarni tanlov asosida qayd qilish imkoniyatiga ega. Faqatgina texnikaviy jarayonlarning murakkab va iqtisodiy qiyinchiligi tufayli ular unchalik keng ishlatilmaydi.

Shunday qilib, ko'rib chiqilgan detektorlarning qaysi biridan foydalanish olib boriladigan tadqiqotda ko'zda tutilgan maqsadga muvofiq holda aniqlanadi. Ko'pchilik hollarda bir vaqtning o'zida bir necha usuldan birgalikda foydalaniladi.

Hozirgi paytda bu usullar takomillashtirilib borilmoqda. Misol tariqasida ssinsilyasiya usulida kristallar bilan bir qatorda suyuq va gaz moddalarning ishlatilishi, yorug'lik chaqnashlarini uzatish maqsadida oson egiluvchi optik tolalardan foydalanilayotganligini ko'rsatish mumkin.

Savol va topshiriqlar:

1. Uchqunli kameraning islash prinsiplarining fizik omillari nima?
2. Uchqunli kameraning tuzilish sxemasini tushuntiring.
3. Kameraning asosiy afzalligi nima?
4. Kameraning asosiy kamchiliklarini ko'rsating.
5. Strimmer kamerasi nima vazifani bajaradi?
6. Strimmer kamerasining ish rejimini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Физический энциклопедический словарь. –Москва, «Советская энциклопедия». 1983. 928 с.
2. Teshaboyev T.M. Yadro va elementar zarralar fizikasi. Toshkent, "O'qituvchi", 1995.
3. Сивухин Л.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. М., «Наука», 1988.

4. А.И.Абрамов и др. Основы экспериментальной ядерной физики. М., 1985.

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
1-§.Asosiy tushunchalar	5
2-§.Zaryadlangan zarrachalarning muhit bilan oʻzaro taʼsiri	9
3-§.Detektorlaydigan qurilmalarning asosiy elementlari.....	13
4-§.Gaz muhitli ionizatsion kameralar	16
5-§.Yarim oʻtkazgichli detektorlar	23
6-§.Ssinsilyasiya detektorlari.....	27
7-§.Vavilov-Cherenkov nurlanishini qayd qilish.....	36
Trekli qayd qilish usullari	
8-§.Yadro fotoemulsiya metodi.....	41
9-§.Vilson kamerasi.....	46
10-§.Pufakchali kamera	50
11-§.Uchqunli kamera.....	55
Ilova	61

S.A.Sharipova., I.J.Jabborov

**ELEMENTAR ZARRACHALARNI QAYD
QILISH USULLARI**

(uslubiy qo'llanma)

Muharrir: E.Qulahmedov

Musahhih: M.Ro'ziboyev

Tex.muharrir: G.Asrorova

*20.06.2006 йилда босишга рухсат этилди.
№ 187 буюртма 4,25 босма табош,
кажми 60х84 1,16. Адади 100 нусха*

**СамДУ босмахонасида чоп этилди.
703004, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15.**

