

# Иондық түрлендіргіштер

*Иондық түрлендіргіштер* деп өлшенетін электрлік емес шама газ ортаның **электрондық** немесе **иондық** тогына **функционалды байланысқан түрлендіргіштер** аталады.

Иондық түрлендіргіштерде **электрондар** мен **иондар** ағыны **газ ортаның** бір немесе басқа **иондаушы агенті** әсерінен **иондалуынан** немесе **термоэлектрондық** эмиссия жолымен немесе газ орта молекулаларының **электрондарымен** атқылауы жолымен т.б. алынады.

Кез-келген иондық түрлендіргіштің міндетті түрде болуы тиіс элементі сәулелену көгі мен қабылдағышы.

**Иондаушы агенттер.** Иондаушы агенттер ретінде  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - бөлшектер **у-сәулелер** және реттелген сәулелері қолданылады.

- **$\alpha$ - бөлшектер** деп оң заряд әкелетін **гелий ядросын** айтады. Бұл – **ауыр бөлшектер**, сондықтан **энергиясы зор және күшті иондаушы агент** болып табылады. Бірақ, бұлардың **тесу қабілеті** өте нашар. Ауадағы  **$\alpha$ - бөлшектің ең үлкен жол ұзындығы 90мм** тең, ал **қатты денелерде бір немесе ондаған микрон қабаттарда жұтылып кетеді** (мысалыға: **алюминий** үшін жол ұзындығы 0.05 мм). Сондықтан, **иондаушы агент** ретінде  **$\alpha$ - бөлшектерді** пайдаланғанда сәуле көзін түрлендіргіш ішіне орнатады;

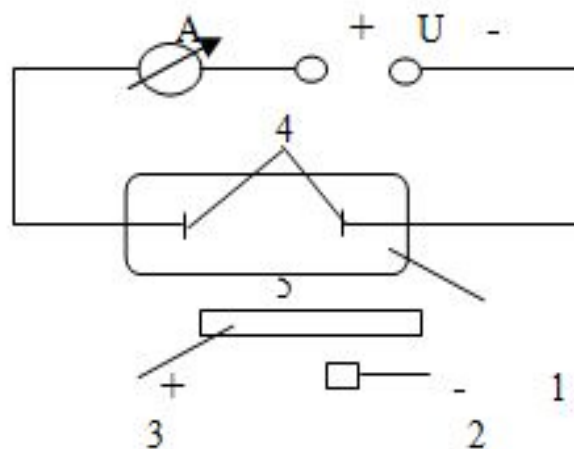
- $\beta$  - бөлшектер деп теріс зарядталған бөлшектер (электрондар) ағынын айтады. Бұлардың энергиясы аз бірақ, тесу қабілеті қатты денелерде бірнеше миллиметрге жетеді (мысалыға алюминийдегі жол ұзындығы 1.75 мм), өлшеу техникасында көбіне  $\beta$ -бөлшектердің тесу қабілетін пайдаланады, сәуле көзін түрлендіргіштен тыс орнатады;

**γ – сәулелер** толқын ұзындығы өте аз электромагниттік толқындар.

- Электромагниттік энергия **үздікті түрде**, квадраттармен немесе **фотондармен** пайда болады, квадраттар мен **фотондар** заряд тасымалдамайды, сондықтан **электрлік өріспен** де, **магнит өрісі** әсерінен де **ауытқымайды**; **γ-сәулелер** **жарық жылдамдығымен тарайды** да, үлкен тесу қабілетіне ие (мысалы алюминийде **12 см-дейін** жетеді).
- **Реттелген сәулелер** деп, толқын ұзындығы үлкен **электромагниттік тербелістерді** айтады. Бұлар **γ-сәулелердегідей** қасиеттерге ие және энергиясы жеткілікті бөлшектермен, электрондармен атқыланған кез-келген заттарда пайда болуы мүмкін. **Бұл сәулелердің өлшеу техникасында қолданылуы-жарық өтпейтін денелер арқылы өте алатын қасиеттеріне негізделген.**

# Иондаушы камера.

**Иондаушы камера.** Газ ортаны радиоактивті заттар немесе рентген сәулелерімен иондау тәсілі қолданылатын түрлендіргіштер иондаушы камералар немесе санауыштар (7.1-сурет) деп аталады.



1-камера,  
2-иондаушы агент,  
3-дене, 4-электродтар.

7.1-сурет. Иондаушы камера сұлбесі.

Камерадағы 1 газ ортасы иондаушы агент 2 әсерінен иондалуға ұшырайды. Камерадағы  $U$ -кернеу берілетін екі электрод 4 орнатылған. Камерадағы газ иондалғанда осы газдың электрондары мен оң иондарының реттелген қозғалысы яғни иондалу тогы пайда болады. Иондалу тогы керек кернеуіне иондаушы агент қасиеттеріне және иондаушы агенттің сәуле жолындағы басқа да денелер 3 қасиеттеріне тәуелді. Барлық осы факторларға иондаушы ток тәуелділігін пайдаланып әртүрлі физикалық немесе геометриялық шамаларды өлшеу үшін иондаушы түрлендіргіштерді қолдануға болады.



**Масс-спектрометрлер.** Масс-спектрометрлер түрлендіргіштері газ қоспасын, өлшенетін газ қоспасының барлық оң зарядталған иондарының массалық спектрін алу тәсілінен талдауға арналған.

Иондарды массалары бойынша білудің негізіне, бұларға электрлік және магниттік өрістердің бір мезеттегі әсер етуі алынған. Осылай әсер еткенде иондардың әртүрлі массалары түрлі траекториялармен қозғалады.

Электрлік және магниттік өрістер мен массалар арасындағы байланыс мына теңдеумен өрнектеледі:

$$\frac{m}{e} = \frac{B^2 * r^2}{2 * U} \quad (7.1)$$

мұндағы,  $m$ -ион массасы,  $e$ -ион заряды,  $B$ -магнит өрісі индукциясы,  $r$ - электрлік және магниттік өрісі әсерінен ионның қозғалу траекториясының радиусы,  $U$ -электр өрісінің кернеуі.

Зерттелген газ азғантай қысыммен иондалу камерасына енгізіліп (7.3-сурет)

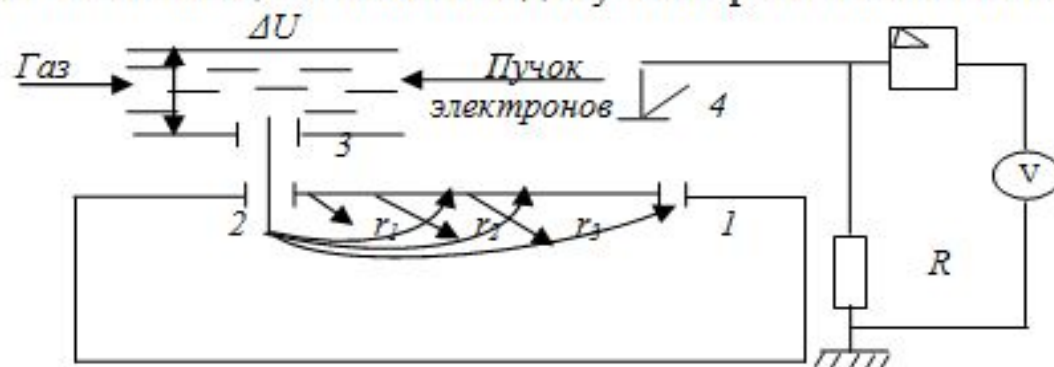


Рис.7.3. Масс-спектрометр құрылғысы:  
1-3 – щели; 4 – коллектор

электрондар шоғымен атқыланады. Атқыланғаннан кейін түзілген оң иондар  $\lambda U$  потенциалар айырмасы туғызатын электр өрісі әсерінен үдеу алады. Саңылау 3 арқылы иондалу камерасынан ұшып шыққан оң иондар 2 саңылау арқылы индукциясы  $B$  магнит өрісі бар камераға түседі.



Магнит өрісі  $\frac{m}{e}$  шамасына байланысты иондарды ауытқытады. Иондар радиустары

$r_1, r_2, r_3$ , т.с.с. траекториялар бойынша қозғалады. Траекториясының радиусы  $r_3$  иондар, 1 саңылау арқылы өтіп коллекторға түседі. Коллектор  $R$  кедергі арқылы жерлестірілген. Мјні, коллекторға уақыт бірлігінде өз зарядын беретін иондар мөлшерімен анықталатын ток кедергіде кернеу түсуін тудырады. Кернеу тұрақты ток күшейткішімен күшейтіліп өзі жазатын  $V$  аспаппен тіркеледі. Магнит өрісінің  $B$  индукциясын  $U = const$  кезінде өзгерте отырып немесе керісінше  $B = const$  кезде  $U$  электр өрісінің кернеуін өзгерту арқылы, массаларын іртүрлі иондардың 1 саңылау арқылы коллекторға тісуіне қол жеткізуге болады. Осылайша, бірқатар секірістері бар қисықты, жеткілікті кең аралықта диаграммада жазып көрсетуге болады (7.4-сурет). Әрбір секірістің биіктігі газ қаапсындағы осы массадағы иондар концентрациясының критеріі болып табылады.

Иондалу тоғы  $m_j$ ні аз ( $10^{-9} \dots 10^{-12}$  А) болуына байланысты жоғалу тоғы иондалу тоғынан кем дегенде 2-3 есе аз болуы үшін өлшеу тізбегінің кіріс кедергісі үлкен болуы тиіс ( $10^{12} \dots 10^{15}$  Ом). Осы негізгі және маңызды талапты кіріс кедергісі  $10^{12} \dots 10^{13}$  Ом құрайтын электрондақ өлшеу тізбектері қанағаттандырылады.



*Артықшылықтары:* өлшенетін объектіге тікелей жанасусыз өлшеу жүргізуге мүмкіндік береді. Осының арқасында агрессивті ортада жоғары температурада, жоғары қысымда т.б. өлшеулер жүргізуге болады.

Иондық түрлендіргіштердің өлшеу қателігі ең алдымен пайдаланылатын өлшегіш аппаратураның жетілмегендігінен анықталады, әсіресе тұрақты ток күшейткішінің қателігі үлкен. Сондықтан көбнесе осы қателіктерді азайту үшін иондық түрлендіргіштер реверсті қозғалтқышы бар қадағалаушы жетек көмегімен автоматты теңгерудің нольдік әдісінде жұмыс істейтін болып жасалады. Мұнан басқа радиоактивті заттың бірте-бірте ыдырауынан болатын сәуле көзінің уақыт бойынша тұрақсыздығынан болатын қателіктерді есекеру қажет.

Сәуле шығару көзінің белсенділігі  $A$  уақыт бойынша мына заңмен өзгереді:

$$A = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{0.5}} t}$$

мұндағы:  $A_0$  – сәуле көзінің әдепкі белсенділігі;

$T_{0.5}$  – жартылай ыдырау периоды.

Рұхсат етілген қателік

$$\gamma = \left( 1 - e^{-\frac{\ln 2}{T_{0.5}} t} \right) \leq \gamma_{\text{доп}} \quad (7.2)$$

және  $T_{0.5}$  – жартылай ыдырау периодына қарап изотоптар ауысу уақыты анықталады.



Радиоактивті изотоптар, ыдырау саны тең аралықтарда бірдей еместігімен және белгілі –бір орта мән маңайында толқитындығымен сипатталады. Сондықтан бұл өлшеудің ақырғы уақыт мезетінде үлкен кездейсоқ қателік пайда болуына әкеледі. Қателіктің орта квадраттық мәні мына формуламен анықталады:

$$\sigma = \sqrt{1/n}, \quad (7.3)$$

мұндағы:  $n = f_N t_{\text{өш}} \mu - t_{\text{өш}}$  уақытында қабылдағышпен тіркелетін бөлшектер саны;  $f_N$  - қабылдағышқа бөлшектер түсу жиілігі;  $\mu$  - қабылдағыш тиімділігі, яғни жұтылатын сәулелердің түсетін сәулелерге қатынасы.

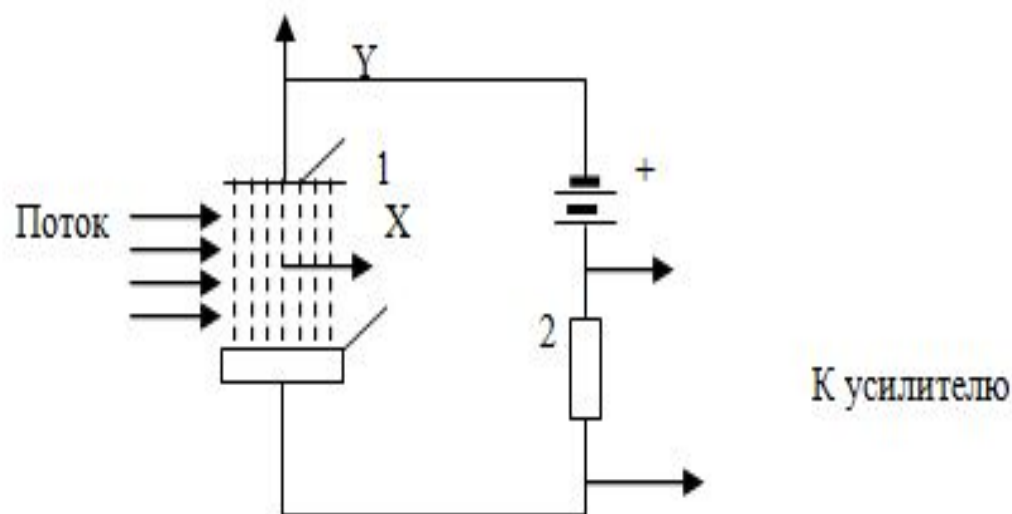
Қателік  $\sigma = \sqrt{1/(f_N t_{\text{өш}} \mu)}$  өлшеу уақыты ұзарған сайын және қабылдағышқа түсетін бөлшектердің  $f_N$  жиілігін анықтайтын А сәуле көзінің белсенділігі өскен сайын азая түсетіндігі анық. Осылайша бұл аспаптардың дәлдігін немесе тез әрекеттілігін жоғарлату үшін сәуле көзі қуатын біраз өсіруі керек. Бұл тек сәуле көзі адам бара алмайтын зонада орналастырылып және экранмен тәуір қорғалған жағдайларда ғана мүмкін болады. Бұл аппаратураның бірден ауырлануына әкеледі. Сәуле қарқындылығын жүз есе әлсірету үшін қалыңдығы 90 мм қорғасын экран қажет болады.

Иондаушы агенттер қасиеттеріне байланысты иондық түрлендіргіштер әр түрлі шамаларды өлшейтін аспаптарда пайдаланылады. Мысалыға  $\alpha$ -сәулелік иондық түрлендіргіштер орын ауыстыруды өлшеу үшін қолданылуы мүмкін, өйткені иондау камерасының тогы электродтар ара қашықтығына тәуелді, сондай-ақ газдар тығыздығын, газдар ағынының жылдамдығын және түтін қоспасы мөлшерін, газ ылғалдылығын өлшеу үшін қолдануы мүмкін.

$\beta$ -сәулелік иондық түрлендіргіштер  $\alpha$ -сәулелік иондық түрлендіргіш орнына кейбір жоғарыда келтірілгендерді өлшеуге және сонымен бірге беттік материал қалыңдығын және қаптама қалыңдығын жанаспай өлшеу тәсілімен өлшегенде қолдануы мүмкін.

Тесу қабілеті жоғары  $\sigma$ -сәулелік иондық түрлендіргіштер зат тығыздығын, деңгейді, қалыңдықты өлшеу үшін және деталдарды дефектоскопиялау үшін пайдаланады.

**Иондық шығын өлшегіш.** Иондық  $\alpha$ -сәулелік шығын өлшегіш әрекет принципі 7.5-суретте кескінделген.



7.5-сурет. Иондық  $\alpha$ -сәулелік шығын өлшегіш.

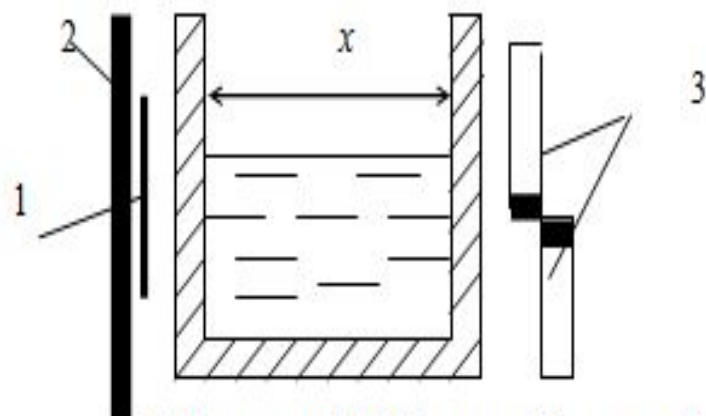
1-электрод-қабылдағыш; 2-электрод-шығарғыш.

Зерттелетін ағынға екі электрод орналастырылады. Біріне электрод аралық кеңістікті иондаушы радиоактивті зат қабаты жағылған, электродтарға берілетін кернеу әсерінен түзілген иондар, осы кернеумен және ағын жылдамдығымен анықталатын жылдамдықта қозғалады, иондардың бір бөлігі ағынмен ағып кетеді. Бұл жағдайда иондау тогы ағын жылдамдығына тәуелді болады.

$$i = f(v_{\text{ағын}}).$$



**Иондық деңгей өлшегіш.**  $\gamma$ -сәулелік түрлендіргіштер иондық деңгей өлшегіштерде жиі қолданылады. ИУ-3 типтес деңгей өлшегіштің принциптік сұлбесі 7.6-суретте келтірілген;



7.6-сурет. ИУ-3 деңгей өлшегіш сұлбесі.

1-сәуле көзі; 2-қорғаныш камера; 3-түтік.

Сұйық деңгейі өлшенетін объектінің қарама-қарсы беттерінде  $\gamma$ -сәуле шығарғыш көзі және қабылдағыш орналастырылған. Сәуле көзі 1 –кобаальт сым, қалыңдығы 0.7...0.9 мм және ұзындығы 150 мм қорғаныш камерада 2 орнатылады. Объектінің қарсы бөлігіне санауыш түтік 3 орнатылады. Сұйық деңгейі өзгергенде ортада  $\gamma$ -сәулелердің жұтылу шамасы өзгереді, сондықтан иондаушы ток өзгереді.

Иондық деңгей өлшеуіштер зерттелетін ортамен төте жанасуды қажет етпейтін аспаптар. Сондықтан бұлар өлшеу жүргізу қиын жағдайларда жоғары қысымда, жоғары температураларда (балқыған металл деңгейін өлшегенде) сондай-ақ, түрлі агрессивті орта деңгейлерін өлшегенде қолданылады.