

## 7. СЫРТҚЫ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЭФФЕКТИНІҢ НЕГІЗГІ ЗАҢДАРЫН ЗЕРТТЕУ

### 7.1. Жұмыстың мақсаты

Вакуумдық және газ толтырылған фотоэлементтердің сипаттамаларын бағалаудағы сыртқы фотоэффект заңдылықтарын зерттеу.

### 7.2. Қысқаша теориялық кіріспе

Түскен жарық ықпалынан кейбір металдардан электрондар бөлініп шығады. Бұл құбылысты *сыртқы фотоэффект*, ал осылайша алынған электрондарды *фотоэлектрондар* деп атайды. Сыртқы фотоэффект құбылысын (1888ж.) А.Г.Столетов толық зерттеген. Бұл құбылыстың заңдылықтарында жарықтың кванттық қасиеттері айқындала түседі.

Жарықталынған металл бетінен бөлініп шыққан фотоэлектрондардың кинетикалық энергиясы Эйнштейннің теңдеуімен анықталады:

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = h\nu - A \quad (7.1)$$

Мұндағы  $m$  - электронның массасы,  $V_{max}$  - оның металл бетінен бөлініп шыққан кездегі жылдамдығы,  $h\nu$  - фотон энергиясы ( $h$  - Планк тұрақтысы,  $\nu$  - фотоэффект туғызатын монохромат жарықтың жиілігі),  $A$  - фотоэлектрондарды металл бетінен бөліп шығару жұмысы.

Егер  $h\nu \leq A$  болған жағдайда фотоэффект құбылысы байқалмайды. Жарықтың  $\nu_0 = A/h$  тербеліс жиілігі фотоэффектінің қызыл шегіне дәл келеді.

Сыртқы фотоэффект құбылысына негізделген фотоэлемент сфера пішінді шыны баллоннан жасалған; оның ішкі бетінің бір жартысына шығу жұмысының мәні аз болатын сілтілік металдардан немесе олардың қосындыларынан жасалынған жарық сезгіш зат жалатылған. Бұл жарық сезгіш қабат фотокатод деп аталынады, оның алдыңғы жағына вольфрамнан жасалынған металдық анод орналастырылған. Катод пен анодтан шығатын электр тізбектері баллонның төменгі жағына дәнекерленген және ары қарай фотоэлемент цоколіне шығарылған болады. Фотоэлемент баллоны ішінен ауасы сорылып, онда вакуум түзіледі (*вакуумдық фотоэлементтер*) немесе оның ішіне, қысымы шамамен  $10^{-3}$  мм с.б. болатын инертті газ (Ar, Ne, He) ендіріледі (*газ толтырылған фотоэлементтер*).

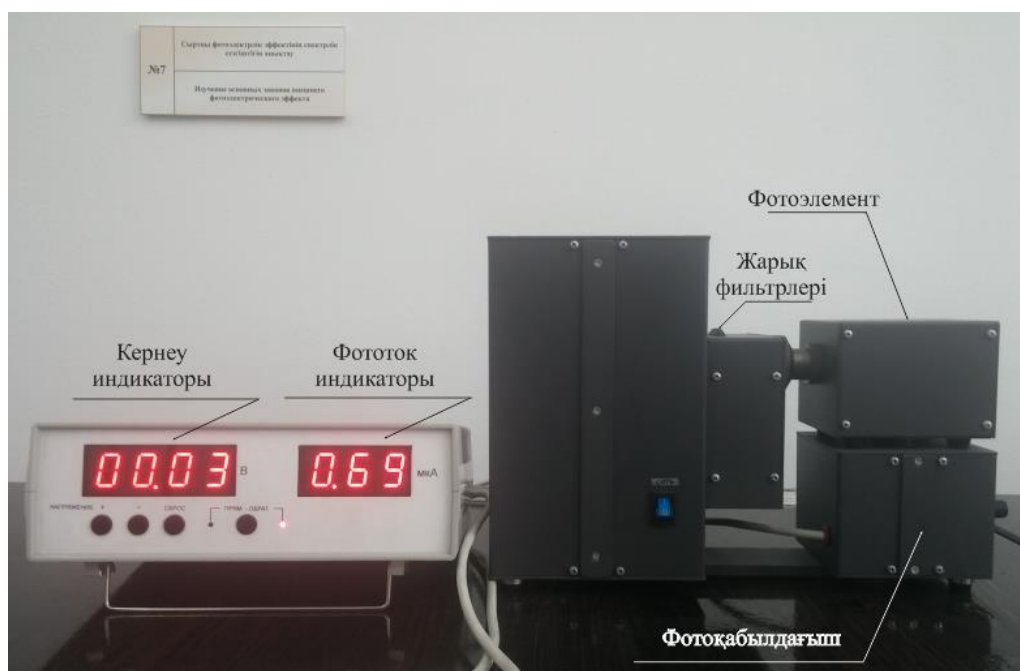
Газ толтырылған фотоэлементтердегі фотоэлектрондар осы фотоэлементтің анод пен катод аралығындағы кернеуге байланысты электр өрісінде үдей қозғала отырып, газ молекулаларымен соғылысады, соның нәтижесінде жаңа электрондар пайда болады. Бұл екінші электрондар анодқа тартыла отырып, газдың ионизациялануын ұлғайтады. Ал вакуумдық фотоэлементте ток тек фотоэлектрондарға байланысты пайда болады. Сондықтан да газ толтырылған фотоэлементтердің сезгіштігі тура осындай вакуумдық фотоэлементтерге қарағанда жоғары болады. Интегралдық сезгіштік деп фототок  $J_\phi$  мәнінің жарық ағынына қатынасын айтады; оның өлшем бірлігі  $A/лм$ .

### 7.3. Қондырғының сипаттамасы мен жұмыс істеу принципі

7.3.1. Қондырғы өзара байланысып, зертханалық үстелде орналасқан, конструктивті аяқталған бұйым түріндегі зерттеу объектісінен және өлшеу құрылғысынан тұрады. Қондырғы құрылғыларының байланысуының көрінісі 1-суретте көрсетілген.

7.3.2. Зерттеу объектісі конструктивті жинақталған корпус түрінде жасалған, мұнда қорек көзі бар жарықтандырғыш (спектральды сынапты лампа), интерференциялық жарық фильтрлер блогі 1...4 және жарықты реттегіш құрылғы орналасқан. Жарықфильтрлер блогінің “0” жағдайы жарықтың жарық фильтрлерсіз өтуіне сәйкес келеді және интегралды вольтамперлік және люксамперлік сипаттамаларды алу үшін қолданылады, ал “5” жағдайы лампаны жауып, нөлді орнату үшін қолданылады. Корпусқа кронштейн арқылы жоғарғы қақпағына ауыспалы Ф-8 және Ф-13 фотоэлементтері бар фотоқабылдағыштар орнатылған фототок күшейткіші орнатылған.

Фотоқабылдағыштарды орнатқанда олардың қабылдағыш терезесі жарықтағыштың шығыс терезесімен сәйкестендіріледі және бленд арқылы жабылады.



7.1-сурет. Сыртқы фотоэлектрлік эффект құбылысына арналған қондырғының жалпы түрі

Зерттеу объектісінің алдыңғы панелінде желіні қосу индикаторы бар желілік қосқыш бар. Артқы панелінде жерге қосу клеммасы, тежегіштерді ұстағыштар мен вилкасы бар желілік сым орналасқан. Бүйір қабырғасында жарықтағыштың шығыс терезесі, интерференциялық жарық фильтрлерін ауыстыратын құрылғы мен жарықты реттегіш құрылғы орнатылған. Фототок күшейткішінің бүйір бетінде зерттеу объектісін өлшеу құрылғысына қосу үшін арналған разъемы бар қосу сымы мен күшейткіш балансының ДӨРЕКІ және НАҚТЫ реттегіші бар.

Зерттеу объектісі желілік сым арқылы 220 В, 50 Гц желісіне қосылады.

7.3.3. Өлшеу құрылғысы конструктивті аяқталған бұйым ретінде жасалған. Мұнда сәйкес қосымша құрылғылары бар біркристалды микро- ЭЕМ қолданылған, бұл зерттеу объектісінде орналасқан фотоэлемент тоғын өлшеуге және фотоэлементте қоректендіретін кернеуді орнату мен өлшеуге, сонымен қатар, қондырғыны басқару функцияларын (тура және кері өлшеу режимдерін орнату және т.б) болдыруға мүмкіндік береді. Өлшеу құрылғысының құрамына оны қоректендіру көздері де кіреді.

Өлшеу құрылғысының алдыңғы панелінде келесі басқару және индикация мүшелері орналасқан:

– Сәйкес индикаторлары бар ТУРА-КЕРІ пернесі - тура және кері өлшеу режимдерін қосу үшін арналған.

– “+”, “-” мен ТҮСІРУ пернелері – фотоэлементте оның кернеуін реттеу және оны нөлге дейін түсіру үшін арналған.

– “В” және “мкА” индикаторлары жұмыс кезінде фотоэлементте және фототоқта кернеу шамасын индикациялау үшін арналған.

Өлшеу құрылғысының артқы панелінде ЖЕЛІ қосқышы, жерге қосу клеммасы, тежегіштерді ұстағыштар (тежегішті скобамен жабылған), вилкасы бар желілік сым және зерттеу объектісін қосатын разъем орналасқан.

Өлшеу құрылғысы желілік сым арқылы 220 В, 50 Гц желісіне қосылады.

7.3.4. Қондырғының жұмыс істеу принципі салынған кернеу полярлығы мен шамасы өзгеруі кезінде және фотоэлемент катодының спектральды құрамы мен жарықтылық шамасы өзгеруі кезінде фотоэлемент арқылы тоқты өлшеу.

7.3.5. Лабораториялық жұмысты жасау кезінде фотоэлемент арқылы оған салынған кернеуден ток тәуелділігі алынады. Бұл жағдайда кернеу полярлығы өзгереді (яғни, фотоэлемент вольтамперлік сипаттамасының тура және кері бұтақтары бөлек өлшенеді). Сипаттамалар жарықтылықтың әртүрлі шамалары кезінде және фотоэлементті жарықтау толқын ұзындығы өзгерген кезде алынады. Өлшеу қорытындылары бойынша вольтамперлік сипаттамалар жинағы жасалады және сәйкес есептеу тәсілдерін пайдаланып Планк тұрақтысының шамасы сан жағынан бағаланады.

#### **7.4. Жұмыс тапсырмалары мен эксперимент әдістемелері**

7.4.1. Аппаратурамен және жұмыс қондырғысының схемасымен танысыңыз.

7.4.2. Ф-8 және Ф-13 фотоэлементтердің вольт-амперлік сипаттамасын зерттеңіз. Осы мақсатпен схемаға фотоэлементті орнатып және фотоэлементтегі  $U$  кернеуді өзгерте отырып, берілген интервалдағы әрбір таңдап алынған кернеу үшін фототоқтың  $J_{\phi}$  мәнін жазып алыңыз. Өлшеу нәтижелерін  $J_{\phi} = f(U)$  графигі түрінде көрсетіңіз.

7.4.3. Фототок күшінің екі типті фотоэлемент фотокатодының жарықталынуына тәуелділігін зерттеңіз.

7.4.4. Алынған зерттеу нәтижелеріне анализ жасап түсіндіріңіз.

#### **Бақылау сұрақтары**

1. Сыртқы фотоэффект заңдарын түсіндіріңіз.
2. Эйнштейн тендеуі арқылы фотоэффект заңдарын түсіндіріңіз.
3. Газ толтырылған және вакуумдық фотоэлементтердің құрылысын және жұмыс істеу принциптерін түсіндіріңіз.

#### **Әдебиет**

1. Полатбеков П.П. Оптика. –Алматы: Мектеп, 1981.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. изд. “Лань”. 2011.
3. Жұманов К.Б., Сарсембинов Ш.Ш. Оптика. Алматы: Қазақ университеті, 2007.
4. Ахметов Е.А., Сарсембинов Ш.Ш., Ронжин В.В. Көшкімбаева А.Ш. Жалпы физикалық практикум. Оптика. Алматы, 1999.