

## 16. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ФОТОЭЛЕМЕНТТІҢ СПЕКТРЛІК СЕЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ

### 16.1. Жұмыстың мақсаты

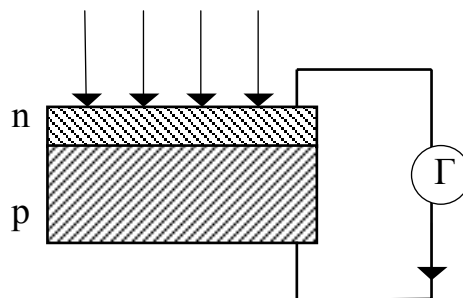
Бөгеуіш қабатты фотоэлементтердегі фотоэффект құбылысын зерттеу. Фотоэлементтің спектрлік сезгіштігін дұрыстап түсіну және оны кең толқын ұзындықтары интервалында анықтай білу. Спектрлік приборлар (монохроматор) көмегімен монохроматты жарықты алу әдістерін үйрену. Сәуле шығару көзінің сәуле шығарғыштық қабілеті үшін қалыптастыру коэффициенттерін енгізудің әдістерін игеру.

### 16.2. Қысқаша теориялық кіріспе

Негізгі заңдылықтары қарастырылған сыртқы фотоэффект құбылысымен (N15 лаб. жұмыс) қатар вентильдік фотоэффект делінетін құбылыс та болады. Ол жарық энергиясының электр энергиясына тікелей айналуынан туады.

Вентильдік фотоэлемент  $n$  және  $p$ -типті электр өткізгіштікке ие екі жартылай өткізгіштерден тұрады. (16.1-сурет). Жарық түскенде фотондар  $n$ -жартылай өткізгіштің атомдарынан электрондарды бөліп шығарады. Содан кейін бұл электрондар бөгеуіш қабаттан өткізгіш бағыты бойынша бір беткей ғана басып өтеді. Демек,  $n$ -жартылай өткізгіште электрондардың кемістігі, ал  $p$ -жартылай өткізгіште олардың толастауы, фотоэлементтің астарларында потенциалдар айырмасы пайда болады және гальванометр тізбектегі токтың  $J_{\phi}$  бар екендігін көрсетеді.

Бөгеуіш қабатты жартылай өткізгішті фотоэлементтер тізбекте сыртқы электр қозғаушы күшсіз ток береді. Фотоэлементті бірдей



16.1-сурет. Вентильдік фотоэлемент схемасы

энергия шығаратын әртүрлі монохроматты жарық көздерімен жарықтандырғанда фототоктың мәні түскен жарықтың толқын ұзындығына тәуелді болады. Сондықтан интегралдық сезгіштіктен басқа *спектрлік сезгіштік* деген ұғым енгізілді. Спектрлік сезгіштік  $\gamma_\lambda$  фототок күшінің  $J_\phi$  толқын ұзындықтары  $\lambda$  дан  $\lambda + \Delta\lambda$  дейінгі тар интервалдағы фотоэлементке түсетін жарық ағынының мәніне қатынасымен өлшенеді:  $\gamma_\lambda = \frac{J_\phi}{\Phi_\lambda}$ . Фотоэлементтің спектрлік сипаттамасын алу үшін оған монохроматор көмегімен интенсивтігі бірдей, әртүрлі толқын ұзындықты жарық бағыттайды және осыларға сәйкес  $J_\phi$  мәндерін өлшейді. Практикада жарық көзінің интенсивтігі әртүрлі толқын ұзындықтары үшін әртүрлі болады. Сәуле шығару интенсивтігінің толқын ұзындығына тәуелділігін  $\varepsilon_\lambda = f(\lambda)$  біле отырып (ғ 13, 14 лабораториялық жұмыстарды қараңыз) түзету  $K_\lambda$  коэффициентінің мәнін есептеп шығаруға болады. Ол сәуле шығару интенсивтігінің тұрақтылығын ескере отырып, гальванометр көрсетуінің  $J_\phi$  дәл мәнін табу үшін керек. 16.1-кестеде температурасы  $T = 2873 \text{ K}$  болатын К - 12 қыздыру лампасының әртүрлі сәуле шығару алқаптарындағы түзету коэффициенттерінің мәндері келтірілген.

16.1-кесте

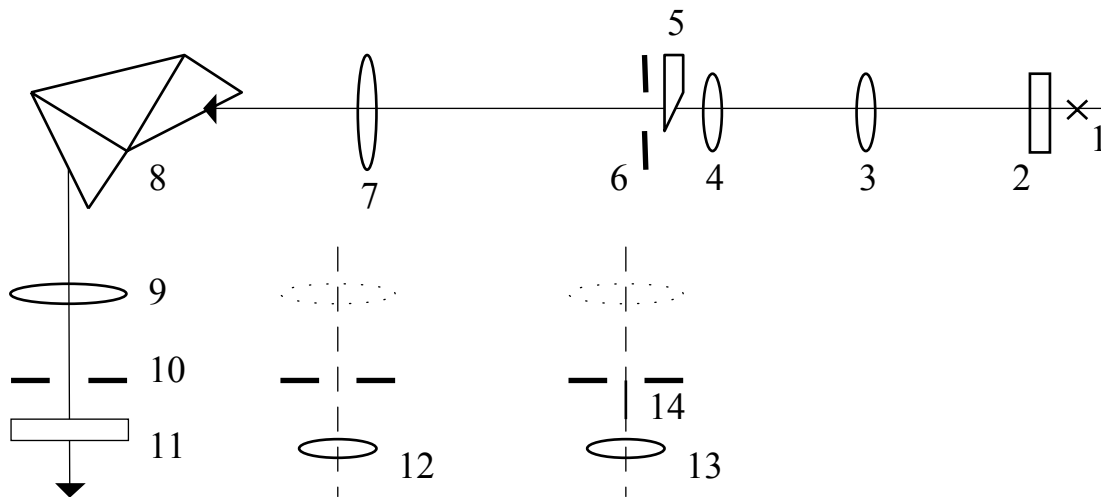
$\lambda, \text{ нм}$	$K_\lambda$	$\lambda, \text{ нм}$	$K_\lambda$
750	1.27	588	1.02
724	1.19	566	1.07
703	1.12	560	1.00
686	1.10	545	0.987
660	1.08	539	0.985
636	1.06	527	0.987
614	1.04	505	0.964
605	1.03	491	0.957

### 16.3. УМ-2 Монохроматорының сипаттамасы

Монохроматордың оптикалық схемасы 16.2-суретте көрсетілген. Мұнда: 1-жарық көзі (электр қыздыру лампы), 2-лампа кожухының қорғаныс шынысы, 3-конденсорлық линза, 4-линза, 5-теңестіру призмасы, 6-коллиматордың жарық енетін саңылауы, 7-коллиматор объективі, 8-дисперсиялайтын призма, 9-көру трубасының (фотокамераның) объективі, 10-алмалы жарық енетін саңылау, 11-қорғаныс шынысы, 12- $5^x$  окуляр, 13- $10^x$  окуляр, 14-көру трубасының фокаль жазықтығындағы көрсеткіш. Схемадағы 1, 2, 3 детальдар монохроматордың оптикалық орындығындағы 11 рейтерлердің бағанасында орналасқан (16.3-суретті қараңыз).

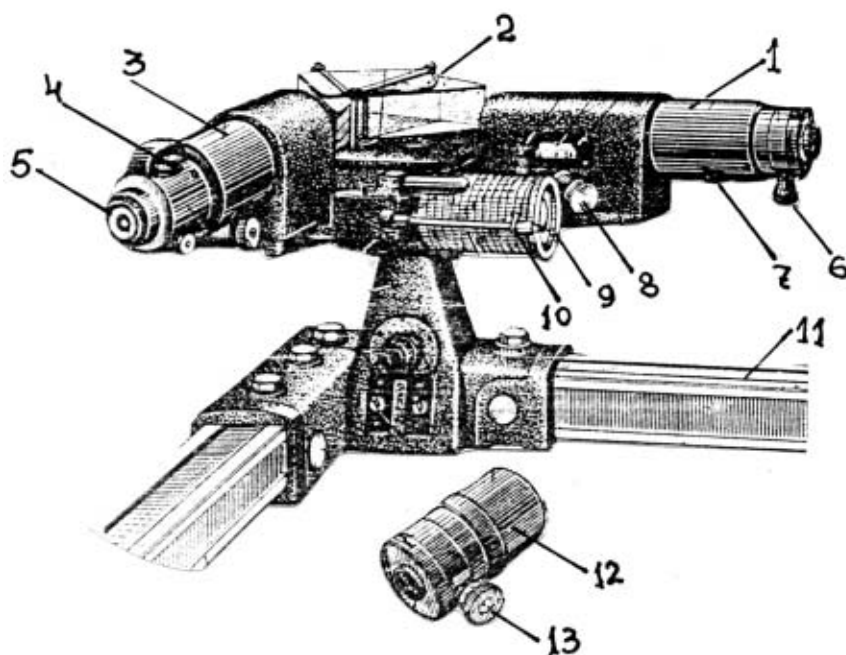
16.2-суретте жарық сәулелері енетін саңылау арқылы коллиматор объективіне түсетіндігі және параллель шоқ болып дисперсиялық призмадан өтетіндігі көрсетілген. Монохроматордың сәулелер шығатын трубасы түсетін жарық шоғына  $90^\circ$  бұрышпен орналасады.

Призма орнатылған орындықшаны түсетін жарық шоғына қатысты әртүрлі бұрышқа бұрай отырып, шығыс (шығу)



16.2-сурет. УМ-2 монохроматордың оптикалық схемасы

саңылауында ең аз бұрылу бұрышты призмадан өткен әртүрлі толқын ұзындықтағы жарықты алады.



16.3-сурет. УМ-2 монохроматордың сыртқы түрі

УМ-2 монохроматордың сыртқы түрі 16.3-суретте келтірілген. Мұндағы прибордың негізгі бөліктері: 1-коллиматор, 2-айналатын орындықшаға орналастырылған призма және 3-шығу трубасы. Коллиматордың кіре берісінде ашылу ені  $0 \div 4$  мм болатын стандартты симметриялы саңылау болады. Саңылаудың ені бөлігінің құны  $0,01$  мм-ге тең барабан 6 арқылы реттелінеді. Кіру саңылауы коллиматор объективінің фокаль жазықтығында орналасқан. Әрбір толқын ұзындығы үшін объективтің фокустық арақашықтығы өзгертін болғандықтан маховичокты 8 айналдыру арқылы объективтің фокусталу мүмкіншілігі қарастырылған. Коллиматордың трубасында, саңылау мен объективтің аралығында затвор орналасқан; оның көмегімен приборға енетін жарықтың жолын жауып тастауға болады. Рукояткамен 7 затвордың қозғалысын басқаруға болады. Мұндай жүйе, жоғарыда айтылғандай, толқын ұзындығы әртүрлі жарықтың өте аз бұрылу бұрышты призманың дисперсиялайтын бөліктері арқылы өтуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар коллиматорлық оптикалық ось пен көру трубасы фотокамера оптикалық осінің аралығындағы  $90^\circ$ -тық бұрыштың тұрақтылығы сақталады. Призма орындықшасы айналатын құрылыспен жабдықталған. Микрометрлік винттің 9 венчигін айналдырғанда призмаға түсетін параллель шоқтың түсу бұрышы

өзгереді; демек, сәуле шығарудың толқын ұзындығы өзгереді. Мұны прибордан шығардағы есептейтін (реперлік) көрсеткіштен байқауға болады. Есептеу спиральдық канавка бойымен жылжитын, 10 индекске қарсы, барабанның шкаласы бойынша жүргізіледі.

Приборды градуирлегенде оның жарық шығатын трубасына, фокаль жазықтығында көрсеткіш орналасқан окуляры 5 бар, насадка орнатылады. Көрсеткіштің жарықтандырғышы бар; оның түсін әртүрлі жарық фильтрлері болатын револьвер типті тетікті 4 бұрумен өзгертуге болады.

Монохроматты шоқты алу үшін жарықтың шығу трубасындағы окулярлық насадканың орнына сәулелер шығатын саңылауы бар патрубок 12 орнатылады. Саңылаудың ені 13 маховиктің айналуымен реттелінеді. Жарық көздері мен конденсорлық линза оптикалық орындықта 11 орналасқан рейтерлердің бағаналарына бекітіледі.

#### **16.4. Жұмыс тапсырмалары және эксперимент әдістемелері**

16.4.1. Қондырғымен, УМ-2 монохроматор құрылысымен және оның жұмыс істеу принципімен танысыңыздар.

16.4.2. Монохроматордың дисперсиялық сипаттамасын (градуирлеу графигін) тұрғызыңыз. Эталондық сәуле шығарудың көзі ретінде өзіне тән спектрлік сызықтары бар (16.2-кестені қараңыз) ДРШ-250 сынап лампасын алады.

16.4.2.1. Сынап лампасын монохроматор орындығына оның сәулелер енетін саңлауының алдына орнатыңыз. Лампаны ток көзіне қосып конденсордың көмегімен лампаның жарығын монохроматор саңылауына фокустаңыз.

16.4.2.2. Монохроматордың жарық шығатын жеріне окуляры бар тубусты орнатыңыз. Окулярды реперлік көрсеткішке фокустаңыз.

16.4.2.3. Сынаптың сәуле шығару спектрін фокустаңыз.

16.4.2.4. Монохроматор барабанын айналдыра отырып белгілі спектрлік сызықты ( $\lambda_i$ ) окулярдың реперлік көрсеткішіне дәл келтіріп, барабанның

шкаласы бойынша  $N_i$  есеп алыңыз. Осындай өлшеулерді сынапқа тән барлық сәуле шығару сызықтары үшін жүргізу керек.

16.4.2.5. Алдыңғы өлшеулердің нәтижелерін  $N = f(\lambda)$  графигі түрінде келтіріңіз.

16.4.3. Фотоэлемент сезгіштігінің сәуле шығару толқын ұзындығына тәуелділігін (спектрлік сипаттама) зерттеңіз.

16.4.3.1. Монохроматордың жарық енетін саңылауын жабыңыз.

16.4.3.2. Монохроматордың кіру саңылауының алдына қыздыру лампасын орнатыңыз. Прибордың жарық шығатын жағындағы окулярды зерттелінетін жартылай өткізгішті фотоэлемент бар тубуспен алмастырыңыз. Соңғыны сезімтал гальванометрмен жалғастыру керек.

16.4.3.3. Монохроматордың градуирлеу барабанын, көрсеткіші оның ортасында болатындай етіп, орналастыру керек.

16.4.3.4. Монохроматордың жарық енетін және шығатын саңылауларын аз ғана ашыңыздар (олардың венчиктерін сағат тілінің бағытымен бірнеше бөлікке бұру арқылы). Бұл жағдайда гальванометрдің көрсеткіші ауытқуы керек. Егер де ауытқу байқалмаса, онда саңылаудың енін ұлғайтуға тура келеді.

16.2-кесте

ДРШ-250 сынап лампасының кейбір сызықтарының толқын ұзындықтары

N	Сызықтардың түсі және орны	Интенсивтілігі	Толқын ұзындығы, нм
1	Қызыл, сол жақтағы ең соңғысы	3	690.7
2	Қызғылт, үшеуінің сол жағындағы	4	623.4
3	Қызғылт, үшеуінің ортасындағы	5	612.3
4	Қызғылт, үшеуінің оң жағындағы	4	607.3
5	Сары, сол жағындағы	10	579.1
6	Сары, оң жағындағы	10	576.9
7	Жасыл	10	546.1
8	Көгілдір, екеуінің оң жағындағы	10	491.6
9	Көк, үшеуінің сол жағындағы	10	435.8
10	Көк, үшеуінің ортасындағы	6	434.7
11	Көк, үшеуінің оң жағындағы	6	433.9
12	Күлгін, екеуінің сол жағындағы	2	407.8
13	Күлгін, екеуінің оң жағындағы	6	404.7

16.4.3.5. Есеп алынатын барабанды айналдыра отырып, оның гальванометр көрсеткішінің ауытқуы максимал болатын қалпын табыңыз. Прибордың жарық көрсеткішінің ауытқуы, шкала шегінде максимал болатындай етіп саңылауларының енін (16.4.3.4-пункт) таңдап алыңыз.

16.4.3.6. Градуирленген барабанның орнының  $N_i$  алатын шегіне сай әртүрлі толқын ұзындықтары үшін гальванометрдің көрсетулерін  $\alpha$  тіркеп алып, өлшеудің берілгендерін кестеге енгізіңіз.

16.4.3.7. 16.4.3.6-пунктегі өлшеу нәтижелерін  $K_\lambda \cdot \alpha = f(\lambda)$  (фотоэлементтің спектрлік сипаттамасы) график түрінде келтіріңіз.

Ескерту:  $N = f(\lambda)$ ,  $K = f(\lambda)$   $K_\lambda \cdot \alpha = f(\lambda)$  функциялар қағаздың бір бетінде тұрғызылады.

16.4.3.8. Алынған нәтижелерді сараптаңыз.

## 16.5. Бақылау сұрақтары

16.5.1. Бөгеуіш қабатты жартылай өткізгіш фотоэлементтердегі фотоэффект құбылысын түсіндіріңіз

16.5.2. Фотоэлементтің спектрлік сезгіштігі дегеніміз не?

16.5.3. Не себепті фотоэлементтің спектрлік сипаттамасын алу үшін нақты жарық көзі энергиясына түзету (қалыптасу коэффициенті) енгізу керек?

16.5.4. Қандай жағдай, себептерге байланысты монохроматордан шыққанда монохроматты жарық шоғы түзіледі?

## 16.6. Әдебиет.

16.6.1. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.: Наука, 1976

16.6.2. Бутиков Е.И. Оптика. -М.: Высшая школа, 1986

16.6.3. Годжаев Г.М. Оптика. -М.: Высшая школа, 1977.