

№1 Зертханалық жұмыс СУТЕГІ АТОМЫ СПЕКТРІН ЗЕРТТЕУ

1 ЖҰМЫСТЫҢ МАҚСАТЫ

Монохроматор жұмысымен танысу, спектрдің көрінетін облысындағы Бальмер сериясы сызықтарының толқын ұзындықтарын анықтау.

2 ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР

Ψ - толқындық функция (пси-функциясы);

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \text{ – Лаплас операторы;}$$

V – көлем;

m_e - электрон массасы;

e - электрон заряды;

h - Планк тұрақтысы;

E – атомдағы электронның толық энергиясы;

U – электронның потенциалдық энергиясы;

Ze - ядро заряды;

r - ядро мен электрон арасындағы қашықтық;

n - бас кванттық сан;

E_n - бас кванттық n саны бар стационар күйдің энергиясы;

c - вакуумдағы жарық жылдамдығы;

R - Ридберг тұрақтысы;

ν_{nm} - энергиясы E_n болатын стационар күйден энергиясы E_m болатын стационар күйге ауысу кезіндегі атомның сәуле шығару жиілігі;

λ_{nm} - энергиясы E_n болатын стационар күйден энергиясы E_m болатын стационар күйге ауысу кезіндегі атом шығарған толқын ұзындығы;

L – сәуле шығару көзі;

K - конденсор;

P_1, P_2, P_3 - спектрлік призмалар;

1 – ену саңылауы;

2 – коллиматор объективі;

3 – күрделі призма;

4 – көру түтігінің объективі;

5 – окуляр;

6 – бұрылу үстелшесі;

7 – микрометрлік бұрандасы бар есептеу барабаны;

8 – коллиматордың микрометрлік бұрандасы;

9 – саңылауды реттелімі;

10 – меңзер;

11 – корпус.

3 ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР

Оқшауланған атомдардың, мысалы, разрядталған газдың (мысалы, Н сутегінің) немесе металлдардың буларының (Hg сынаптың, Na натрийдің және т.б.) атомдарының сәуле шығаруы өте қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Мұндай атомдардың спектрлері әртүрлі толқын ұзындықтарына сәйкес келетін интенсивтілігі әртүрлі спектрлік сызықтар ретінен тұрады. Мұндай спектрлерді сызықтық деп атайды.

Газдардың сызықтық спектрін әртүрлі әдістермен қоздыруға болады. Ол газдағы электрлік разрядтың әртүрлі түрлері кезінде, қыздыру кезінде, белгілі бір толқын ұзындығы бар жарықпен газдарды жарықтандыру және т.б. кезінде пайда болады.

Атомдардағы сәуле шығару спектрлеріндегі заңдылықтардың теориялық мағынасын кванттық механика түсіндіреді.

Атомдағы электронның күйі Шредингердің стационарлық теңдеуін қанағаттандыратын Ψ толқындық функциясымен сипатталады:

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} (E - U)\Psi = 0 \quad (1)$$

Сутегі атомында немесе сутектес ионда электронның потенциалдық энергиясы мынаған тең:

$$U = - \frac{Z e^2}{4\pi r \epsilon_0} \quad , \quad (2)$$

онда (1) теңдеуді былай жазуға болады:

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} \left(E + \frac{Z e^2}{4\pi r \epsilon_0} \right) \Psi = 0 \quad (3)$$

Толқындық функция Ψ кейбір жағдайларды қанағаттандыру тиіс: ол үздіксіз, бір мәнді және соңғы болуы тиіс; оның уақыт және координаталар бойынша жеке туындылары үздіксіз болуы тиіс; ол нормалау шартын қанағаттандыру тиісті

$$\int |\Psi|^2 dV = 0 \quad (4)$$

Көрсетілген шарттарды қанағаттандыратын (3) теңдеуінің шешуі E энергияның кез келген мәнінде емес, тек мәндердің дискретті қатарын (энергияның дискретті спектрі) құратын мәндері кезінде ғана алынады:

$$E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} \quad (5)$$

немесе:

$$E_n = -\frac{cRhZ}{n^2}, \quad (6)$$

мұндағы:

$$R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}.$$

$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ Ридберг тұрақтысы.

Қандай да бір әсерге ұшырамайтын сутегінің еркін электроны мәні ең кіші ($n=1$): энергиямен сипатталатын күйде болады:

$$E_1 = cR h \quad (7)$$

және стационар немесе негізгі деп аталады.

Атом энергияны алу кезінде E_m энергиясы мәні үлкен ($m > 1$) күйге өтеді, оны қозған күй деп атайды. Қозған күйлер тұрақты емес болып табылады, сондықтан атом энергиясы аз күйге E_n ($n < m$) біртіндеп өтеді. Бұл ауысу энергиялы фотондар шығарылумен бірге жүреді.

$$h \nu_{nm} = E_m - E_n = cR h \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (8)$$

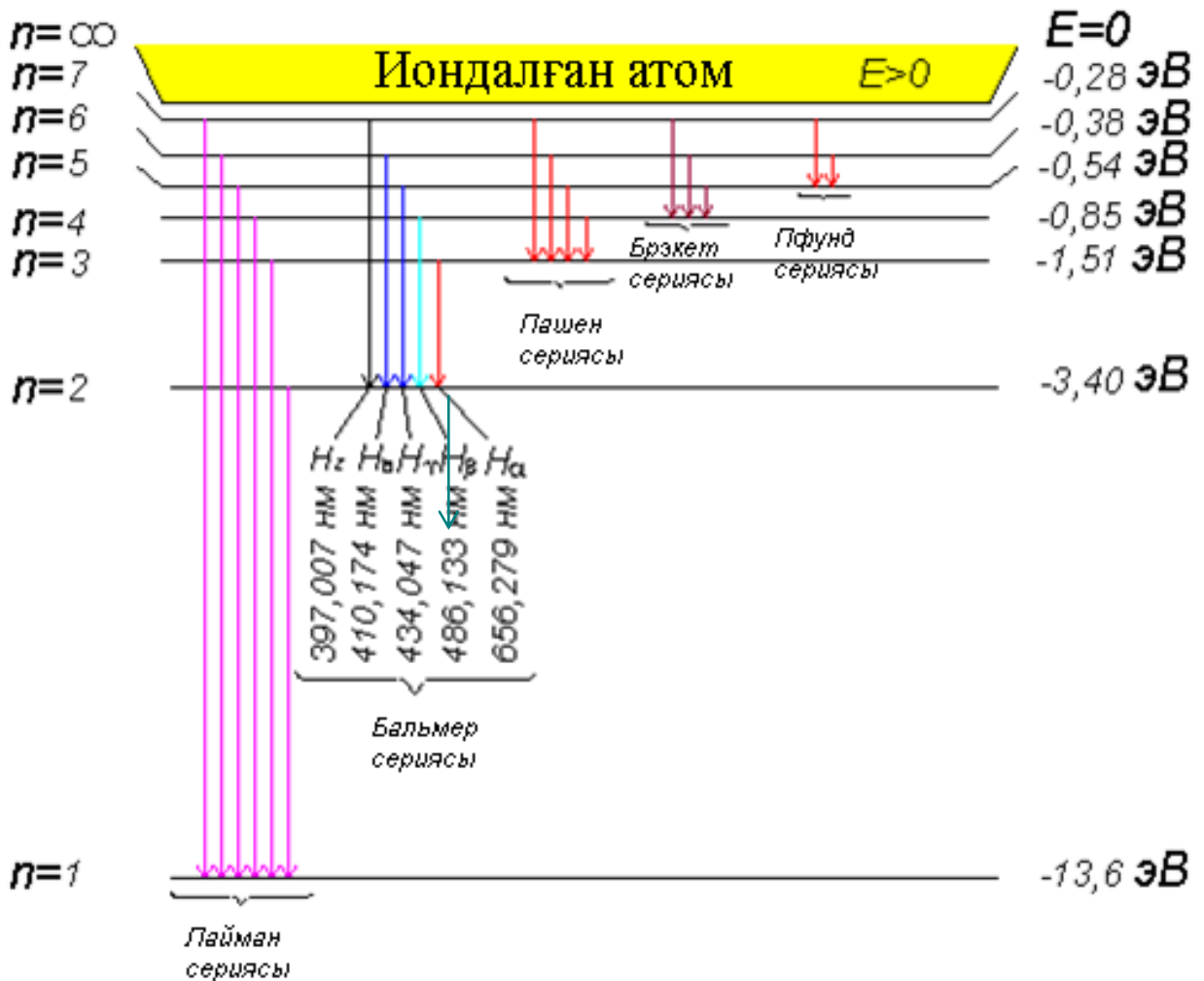
Сәуле шығару ν_{nm} жиілігі λ_{nm} толқын ұзындына тәуелділігін $\nu_{nm} = \frac{c}{\lambda_{nm}}$

қатынасы арқылы өрнектелетінін ескерсек, (8) өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = \frac{E_m - E_n}{hc} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (9)$$

Атомдық сутегі спектрі бірнеше сериялардан тұрады. Шеткі ультракүлгін облыста Лайман сериясы ($n = 1; m = 2, 3, \dots$) орналасқан. Бальмер сериясы көрінетін және жақын ультракүлгін облысында ($n = 2; m = 3, 4, \dots$) орналасқан. Ары қарай, спектрдің инфрақызыл облысында Пашен ($n = 3; m = 4, 5, 6, \dots$),

Бреккет ($n = 4; m = 5, 6, \dots$), Пфунд ($n = 5; m = 6, 7, \dots$) сериялары орналасқан (сурет 1).



Сурет 1

Бальмер сериясының бірінші төрт сызығы ($m = 3, 4, 5, 6$) спектрдің көрінетін облысында жатыр және визуалды бақылауға болады. Осы сызықтар $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ символдарымен белгіленеді. Бальмер сериясы үшін $n=2$ және m саны 3, 4, 5, 6 мәндерін қабылдайтынын ескере отырып, (9) теңдеуге сәйкес осы сызықтардың толқын ұзындықтарын есептеуге болады:

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (10)$$

4 ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАР, ҚҰРЫЛҒЫ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІК ЕРЕЖЕЛЕРІ

4.1 Керектіқұрал-жабдықтар

Бұл жұмыста: УМ-2 призмалық монохроматор, ДРШ-250-3 сынаптық шам, сутегі газразрядты түтік, «Спектр» құралы қолданылады.

4.2 Монохроматор құрылғысы

Жұмыста спектрлік сызықтардың толқын ұзындығын өлшеу үшін 3800 - 10000 А аралығындағы спектрлік зерттеулерге арналған УМ-2 шыны призмалы монохроматор-спектрометр қолданылады. УМ-2 дәл құралдар қатарына жатады. Ол ұқыптылықтыжәне құнттылықты талап етеді. 2-суретте көрсетілген УМ-2 құралының негізгі бөліктері төменде суреттелген.

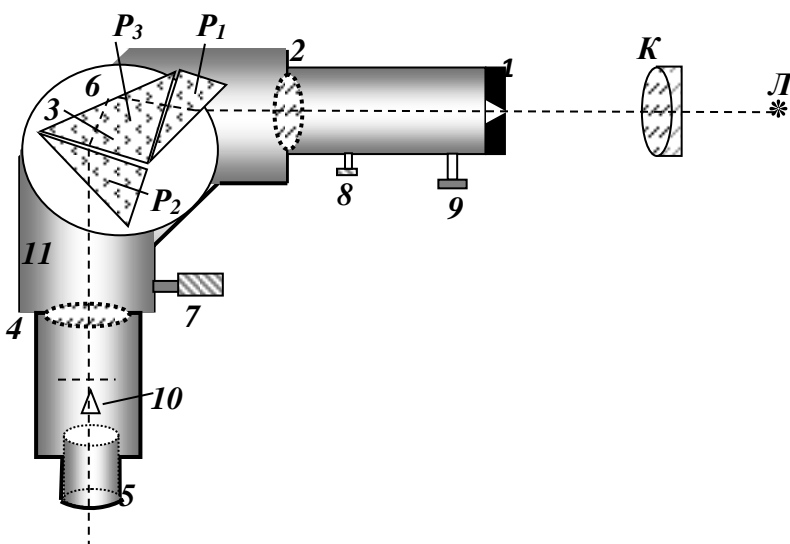
Саңылауды қажетті еніне дейін ашуға мүмкіндік беретін 9 микрометрлік бұрандамен жабдықталған 1 кіру саңылауы. Саңылаудың әдеттегі ені 0,02-0,03 мм-ге тең.

Микрометрлік бұрандамен жабдықталған 2 коллиматорлық объектив. Бұранда түрлі түсті спектрлік сызықтарды фокустеу кезінде саңылауға қатысты объективтің ығыстуына мүмкіндік береді.

6 айналу үстелшесіне орналасқан 3 күрделі спектрлік призма. 3 призмасы P_1 , P_2 , P_3 жабыстырылған үш призмадан тұрады. Сыну бұрыштары 30° бірінші екі P_1 және P_2 призмалары үлкен дисперсияға ие болған аубұралдыр флинттен жасалған. Аралық P_3 призмасы кроннан жасалған. Сәулелер оның гипотенузалық қабырғасынан шағылып, 90° -қа бұрылады. Осындай құрылғының арқасында P_1 және P_2 призмаларының дисперсиялары қосылады. Бұрылу үстелі 7 санау барабаны бар микрометрлік бұранданың көмегімен вертикаль ось бойынша айналады. Барабанда градустық бөліктері

бар жол орналасқан. Барабан айналған кезде призма бұрылады, және көз шалымы центрінде спектрдің түрлі аумақтары көрінеді.

4 объектив пен 5 окулярдан тұратын көру түтігі. 4 объектив 1 кіру саңылауына өзінің фокалдық жазықтығында көрініс береді. Осы



Сурет 2

жазықтықта 10 меңзер орналасқан. Көрініс 5 окуляр арқылы қарастырылады.

Қажетті жағдайларда окулярды спектрдің сызықтарының біреуін өткізетін шығу саңылауымен ауыстыруға болады. Бұл жағдайда құрылғының қызметін монохроматор атқарады. Бұл жұмыста шығу саңылауы қолданылмайды.

11 массивті қорап құрылғыны бұзылудан және ластанудан сақтап тұрады.

Кіру саңылауында жарықтың концентрациясы үшін қызмет ететін Л жарық көзі және К конденсатор орналасқан рейтерлер орын ауыстыра алатын оптикалық сәкі. Жарық көзін саңылаудан 45 см қашықтықта, ал конденсаторды жарық көзінен 12 см қашықтықта орналастырған жөн. Кіру саңылауын жарықтандыру үшін саңылауда жарық көзінің бейнесін айқын алғанша конденсаторды сәкі бойымен жүргізу керек. Сонымен қатар, саңылауға меңзеу ыңғайлы болу үшін кресті бар ақ қақпақ кигізеді.

4.3 Сәуле шығару көздері

Берілген жұмыста қолданылатын жарық көзі ДРШ-250-3 сынап шамы және сутекті түтік болып табылады. Сынап шамы монохроматорды градуирлеу үшін қызмет атқарады. Оның қоректенуі сынап шамын қосуға арналған арнайы алмалы-салмалы байланысы бар қоректену пульті арқылы жүзеге асады.

Сутекті газразрядты түтік атомдық сутегі спектрін алу үшін қызмет етеді. Түтіктің қоректенуі «Спектр- I» генераторы арқылы жүзеге асады. Генераторға 220В желіге қосылған түзетушіден 8В тұрақты кернеу беріледі.

Ескерту! Сынап шамның ультракүлгін сәулелері көз мөлдір қабықшасын күйдіруі мүмкін, сондықтан сәуле шығару көзіне тура қарауға рұқсат етілмейді. Күйдірудің алдын алу үшін шам әйнегі шынымен (шыны ультракүлгін сәулелер) жабылған арнайы қаппен қапталған. Шамның жұмыс істеуі барысында жоғары қысым (300 Н/см^2 дейін) пайда болады, сондықтан онымен жұмыс істеу кезінде сақ болу керек.

Газразрядты түтікті капилляр ретінде қарастыруға болмайды. Бақылау жүргізілмеген уақытта түтікті босқа жұмыс істетіп мәжбүрлеуге болмайды, себебі ұзақ жұмыс істеген сайын түтіктің интенсивтілігі азая түседі.

4.4 Құрылғының жұмысқа дайындығы

Құрылғыны жұмысқа дайындау кезінде мүлтіксіз фокустеу жүргізуге аса көңіл аудару қажет, 10 меңзер және спектрлік сызықтардың шекаралары анық, айқын болуы тиіс. Фокустеу келесі ретпен орындалады: окулярды жылжыту арқылы 10 меңзер ұшының анық көрінісін алу қажет. Құрылғының кіру саңылауын сынап шамы арқылы жарықтандырып, сынаптың спектрлік сызықтары тауып, олардың 8 микрометрлік бұранданың көмегімен анық көрінісін алу қажет.

Сызықтың орналасуын өлшеу үшін оның центрін меңзер ұшымен сәйкестендіреді. Өлшеу барабан бөліктері бойынша жүзеге асырылады. Қателіктерді азайту үшін кіру саңылауының енін мүмкін болғанша азайтады

(микрометрлік бұранда шкаласы бойынша 0,02-0,03 мм). Шеткі күлгін облыстағы ең нашар сызықтарды бақылау үшін саңылауды аз ғана үлкейтуге тура келеді (0,05-0,06 мм-ге дейін).

5 ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ РЕТІ

5.1. Зертханалық құрылғы туралы техникалық мәліметтерді 1-кестеге енгізу.

Кесте 1

Құрылғы	Өлшеу шегі	Бөлік құны	Құрал қателігі
Монохромат ор УМ-2			

5.2. Монохроматорды градуирлеу.

5.2.1. Монохроматор саңылауының алдына сынап шамын орналастырып, онда разряд тудыру.

5.2.2. Монохроматордың 7 барабанын айналдыра отырып, спектрлік сызықтардың көрінісінің центрін көру түтігінің меңзерімен сәйкестендіру. Өлшеу жүргізу және барабанның көрсетуін N бөліктер түрінде жазып алу. Осындай өлшеулерді қызылдан бастап күлгін сызықтарға дейін жүргізу және өлшемдерді 2-кестеге жазу.

5.2.3. 2-кестенің мәліметтерін қолдана отырып, $N = f(\lambda)$ градуирлеу графигін тұрғызу. График миллиметрлік қағазға тұрғызылады. Координаттар басында шкала мәндерін графиктің бүкіл ауданын қолданатындай етіп таңдап алған жөн. Келесі масштабты таңдап алу: 1 мм ордината осі бойынша, 2 мм абцисса осі бойынша 20^0 -қа сәйкес келеді.

5.3. Сутегі сызықтарының толқын ұзындықтарын өлшеу.

5.3.1. Сынап шамының орнына сутегі түтігін орналастырып, онда разряд тудыру.

5.3.2. Окуляр меңзерінің ұшын әрбір $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ сызықтарымен кезекпен сәйкестендіріп, барабан шкаласының N көрсетулерін 3 кестеге толтыру.

5.3.3. Градуирлеу графигі бойынша $H_\alpha, H_\beta, H_\gamma, H_\delta$ сызықтарының толқын ұзындығын табу.

5.3.4. График бойынша табылған толқын ұзындықтарының мәндерін қолдана отырып, оның әрбіреуі үшін (10) формуламен Ридберг тұрақтысын есептеу және оның $\langle R \rangle$ орташа мәнін анықтау.

5.3.5. Қандай да бір λ арналған R үшін абсолюттік және салыстырмалы қателіктерін есептеу.

5.3.6. Жауапты $R = \langle R \rangle \pm \Delta R$ түрде жазу және R -дің кестелік мәнімен салыстыру.

5.3.7. Есеп беруді МҚБЖ талаптарына сай ресімдеу /6/, /7/.

Ескерту! 1. Сутегі түтігінің спектрінде атомдық спектрдің сызықтарымен қатар молекулалық сутегі спектрі байқалады. Сондықтан өлшеуді H_α ең қарқынды қызыл сызығынан бастау қажет. Екінші сызық H_β – жасыл-көк. H_α және H_β арасында әлсіз молекулалық жолақтармен салыстырғанда бірнеше қызыл-сары және жасыл сызықтар орналасқан. Үшінші сызық H_γ – күлгін-көк. Оның алдында көк түстің екі әлсіз жолақтары орналасады. Төртінші сызық H_δ – күлгін. Оны тек сутегі түтігінің кейбір үлгілерінің сәуле шығаруынан ғана байқауға болады.

2. Көз әлсіз сызықтарды қозғалыста жақсы байқайды, сондықтан H_γ және H_δ сызықтарын бақылау кезінде барабанды орташа жағдайдан екі жаққа да ақырындап айналдыру тиімді.

Кесте 2

Сызық түсі	λ , нм	Барабан бойынша есептеу N , бөл.	$\langle N \rangle$, бөл.
Қызыл	691	1. 2. 3.	
Сары	577	1. 2. 3.	
Жасыл	546	1. 2. 3.	
Көгілдір	492	1. 2. 3.	
Күлгін-көк	436	1. 2. 3.	
Күлгін	405	1. 2. 3.	

Кесте 3

Сутегі спектріндегі сызықтар	Сызық түсі	Барабан бойынша есептеу N , бөл.	$\langle N \rangle$, бөл.
H_α	Қызыл	1. 2. 3.	
H_β	Жасыл-көк	1. 2. 3.	
H_γ	Күлгін-көк	1. 2. 3.	
H_δ	Күлгін	1. 2. 3.	

6 БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

6.1 H атомы туралы Бор теориясы мен Шредингер теориясының қорытындыларын салыстыру.

6.2 Атомдағы электронның күйін сипаттайтын кванттық сандарды ата. Олардың физикалық мағыналары қандай?

6.3 Сутегі атомындағы энергия қалай квантталады?

6.4 Сутегі атомындағы сәуле шығару спектріндегі заңдылықтарды түсіндіру.

6.5 Диаграмманы (1-сурет) қолдана отырып, Бальмер сериясының пайда болуын түсіндіру.

6.6 УМ-2 монохроматор құрылғысын және оның жұмыс істеу принципін түсіндіру.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики, - М.: Высшая школа, 1989. С.444-452, 455-457.

2 Трофимова Т.А. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985. С.308-311, 330-334.

3 Савельев И.В. Курс физики. – М.: Наука, 1989, т. 3.

4 Гольдин Л. Л. и др. Руководство к лабораторным занятиям по физике. - М.: Наука. 1973. С. 410-414.

5 Кузнецов В. П. Методические указания по лабораторному практикуму по общей физике (обработка результатов наблюдений).- Алма - Ата, Минвуз Каз.ССР. 1983.

6 ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

7 ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.