

Атомдар спектрлеріндегі сериялық заңдылықтар

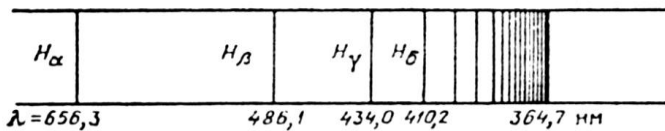
- Сутегі атомының сызықтық спектрі
- Бор постулаттары
- Франк және Герц тәжірибелері
- Бор постулаттарының расталуы

1. Қыздырылған, жарқырап тұрған газдар жеке спектрлік сызықтардан тұратын **сызықтық шығару спектрлерін** береді. Жарық газдар арқылы өткенде, **сызықтық жұтылу спектрлері** пайда болады: әрбір атом ол өзі шығара алатын спектрлік сызықтарды жұтады.

Спектрлік сызықтардың көп болуы атомның ішкі құрылысының күрделі екендігін білдіреді. Атомдық спектрлерді зерттеу атомның ішкі құрылымын ұғынуға кілт болды. Бәрінен бұрын спектрлік сызықтардың қалай болса, солай ретсіз емес, сызықтар сериясын құрап орналасатындығы байқалды (1-сурет). Сутегі атомының сызықтық спектрін зерттеп, Бальмер (1885) сызықтардың толқын ұзындықтарын бір формуламен

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda = R(1/2^2 - 1/n^2), \quad n=3,4,5,\dots, \quad (1)$$

өте дәл өрнектеуге болатындығын тапты, мұндағы $\tilde{\nu}$ - әрбір сызыққа сәйкес толқындық сан, см^{-1} , R - Ридберг тұрақтысы; $R=109677,58\text{см}^{-1}$. (1) формула **Бальмер формуласы**, осы формула қамтитын сәйкес спектрлік сызықтар тобы **Бальмер**



1-сурет

сериясы деп аталады. Осы серияның сызықтары негізінен спектрдің көрінетін бөлігінде орналасқан болады.

Сутегі атомы спектрін бұдан кейінгі зерттеулер нәтижесінде, тағы бірнеше сериялар анықталды. Спектрдің ультракүлгіндік бөлігінде - Лайман сериясы:

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda = R(1/1^2 - 1/n^2), \quad n = 2,3,\dots, \quad (2)$$

ал, спектрдің инфрақызыл бөлігінде - Пашен сериясы:

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda = R(1/3^2 - 1/n^2), \quad n=4,5,6,\dots, \quad (3)$$

және де Брэкет, Пфунд сериялары табылды.

Осы сериялардың бәрін, яғни сутегі атомының барлық спектрлік сызықтарын Бальмердің жалпыланған формуласы :

$$\tilde{\nu} = R(1/m^2 - 1/n^2), \quad (4)$$

ретінде өрнектеуге болады, мұндағы $m=1$ - Лайман сериясы үшін, $m=2$ - Бальмер сериясы үшін және т.т. m берілгенде n саны $m+1$ -ден бастап барлық бүтін мәндер қабылдайды.

(2) Лайман сериясының ең үлкен толқын ұзындығына $n=2$ сәйкес келеді; бұл $\lambda_{\max} = 1/\nu_{\min} = 4/3R = 121,6$ нм. Бұған сәйкес спектрлік сызық сутегінің **резонанстық сызығы** деп аталады.

n өскенде әрбір сериядағы сызықтардың толқындық саны серияның шекарасы деп аталатын R/m^2 шектік мәнге ұмтылады. Серияның шекарасынан кейін спектр үзілмейді, ол тұтас спектрге ұласады. Бұл сутегінің барлық серияларына ғана емес, басқа элементтердің атомдарына да тән.

2. Атомның Резерфорд ұсынған планетарлық моделінің мүлдем орнықсыздығын және сонымен бірге атомдық спектрлердегі таңғаларлық сериялық заңдылыққа, бұлардың дискреттілігіне сүйеніп Н.Бор 1913ж кванттық физиканың екі маңызды постулатын тұжырымдауды қажет деп тапты.

1) Атом ұзақ уақыт бойы тек кейбір белгілі, стационарлық деп аталатын күйлерде бола алады; осы күйлер E_1, E_2, E_3, \dots дискретті энергия мәндерімен сипатталады. Осы күйлерде атом, классикалық электродинамикаға қарамастан, жарық шығармайды.

2) Атом E_2 энергиясы үлкенірек стационарлық күйден E_1 энергиясы кішірек стационарлық күйге ауысқанда энергиясы $\hbar\omega$ жарық квантын (фотонды) шығарады:

$$\hbar\omega = E_2 - E_1. \quad (5)$$

Дәл осындай қатынас түсетін фотон атомды E_1 төменгі энергетикалық деңгейден E_2 жоғарырақ деңгейге ауыстыратын, ал фотонның өзі жойылатын, жұтылу жағдайында да орындалады.

(5) қатынас **Бордың жиіліктер** шарты деп аталады. Атомның жоғарырақ энергетикалық деңгейлерге ауысулары басқа атомдармен соқтығысуынан да бола алады.

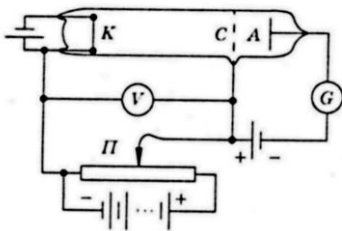
Сонымен, атом бір стационарлық күйден басқасына секірмелі түрде ауысады, бұларды **кванттық ауысулар** деп атайды.

3. Франк-Герц тәжірибелері. Бор постулаттарының дұрыс екендігін неміс физиктері Джеймс Франк (1882-1964) және Густав Герц (1887-1975) жасаған тәжірибелері (1913ж.) айқын көрсетті. Олар тежегіш потенциал әдісімен электрондардың газ атомдарымен соқтығысуын зерттеу арқылы атомның энергия мәндері дискретті болатындығын тәжірибе жүзінде дәлелдеді.

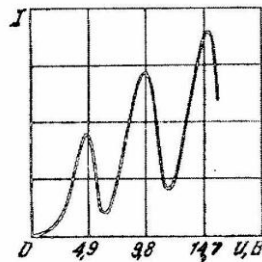
Тәжірибе идеясы мынадай. Электронның атоммен серпімсіз соқтығысуы кезінде электроннан атомға энергия беріледі. Егер атомның ішкі энергиясы үздіксіз өзгертін болса, онда атомға энергияның кезкелген мөлшері берілуі мүмкін. Егерде атом күйлері дискретті болса, онда оның ішкі энергиясы электронмен соқтығысқан кезде де дискретті өзгеруі тиіс. Демек, серпімсіз соқтығысқанда электрон атомға белгілі энергия мөлшерін ғана бере алады. Бұларды өлшеп, атомның стационарлық күйлерінің энергиялары мәндерін анықтауға болады.

Тәжірибе схемасы 2-суретте келтірілген. Қысымы шамамен 130 Па болатын сынап буымен толтырылған разрядтық түтікте үш электрод бар: К-катод, С-тор, А-анод. Катодтан шыққан электрондар катод пен тор арасындағы U потенциалдар айырымымен үдетіледі. U шамасын бір сыдырғы өзгертуге болады. Тор мен анод аралығына $\approx 0,5$ В болатын әлсіз тежеуіш өріс беріледі. Сонымен, егер қандай да бір электрон тордан 0,5 эВ-тан кем энергиямен өтетін болса, онда ол анодқа жете алмайды. Тордан өткен кезде энергиясы 0,5 эВ-тан артық электрондар ғана анодқа жетіп өлшеуге келетін I анодтық тоқ та тіркеледі. Тәжірибеде I анодтық тоқтың U үдеткіш кернеуден $I(U)$ тәуелділігі зерттелген. Алынған нәтижелер 3-суретте келтіріген. Максимумдар $E_1=4,9$ эВ, $E_2=2 E_1$, $E_3=3E_1$ және т.т энергия мәндеріне сәйкес келеді. $I(U)$ тәуелділігінің осындай түрі атомдардың шынында да 4,9 эВ-қа тең, тек дискретті энергия мөлшерлерін жұта алатындығымен түсіндіріледі.

Электрондардың энергиясы 4,9 эВ-тан кіші болғанда, олардың сынап атомдарымен соқтығысуы тек серпімді болады да электрондар торға тор мен анод арасындағы тежеуіш потенциалдар айырымынан өте алатындай жеткілікті энергиямен жетеді. U үдеткіш кернеу 4,9 В-қа тең болғанда, электрондар торға жақын маңайда серпімсіз соқтығыса бастайды, сонда сынап атомдарына бүкіл энергиясы берілетіндіктен, енді олар тордан кейінгі кеңістіктегі тежеуіш потенциалдар айырымынан өте алмайтын болады. Сондықтан, 4,9 В үдеткіш кернеуден бастап I анодтық ток кему бастайды.



2-сурет



3-сурет

Үдеткіш кернеуді бұдан әрі өсіргенде электрондардың жеткілікті саны серпімсіз соқтығысқаннан кейін тордан кейінгі тежеуіш өрістен өту үшін қажетті энергияны қабылдап үлгереді. I ток күшінің жаңадан өсуі басталады. Үдеткіш кернеу 9,8 В –қа дейін өскенде, электрондар бірінші серпімсіз соқтығысқаннан кейін, торға екінші серпімсіз соқтығысу үшін жеткілікті 4,9 эВ энергиямен жетеді. Екінші серпімсіз соқтығысқанда электрондар өзінің бүкіл энергиясын жоғалтады да анодка жете алмайды. Сондықтан I анодтық токтын тағы да төмендеуі басталады (3-суреттегі екінші максимум). Бұдан кейінгі максимумдар да осылай түсіндіріледі.

4. Тәжірибе нәтижелерінен сынап атомының негізгі күйі мен оған ең жақын қозған күйі энергияларының айырмасы 4,9 эВ-қа тең болатындығы көрінеді. Бұл атомның ішкі энергиясының дискреттілігін дәлелдейді.

Франк және Герц тәжірибелері Бордың екінші постулатын – жиіліктер ережесін де растады. Үдеткіш кернеу 4,9 В-қа жеткенде сынап буы толқын ұзындығы $\lambda = 253,7$ нм

ультрақұлгін сәуле шығара бастайды екен. Осы сәуле сынап атомдарының бірінші қозған күйден негізгі күйге ауысуымен байланысты. Шынында да Бордың жиіліктер шартынан

$$E_2 - E_1 = 2\pi\hbar / \lambda = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,054 \cdot 10^{-34} / 253,7 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,9$$

эВ

алынады. Осы нәтиже жоғарыда келтірілген өлшеу нәтижелерімен жақсы үйлеседі:

Сұрақтар

1. Бальмердің жалпыланған формуласында m және n сандарының физикалық мағыналары қандай?

2. Сутегі атомында бір-ақ электрон болғанымен, сутегі спектрі неліктен көп сызықтан тұрады?

3. Пашен сериясының ең қысқа толқынды және ең ұзын толқынды сызықтарының толқын ұзындықтары қандай?

4. Бор постулаттарының мағынасын түсіндіріңіз. Бұлардың көмегімен сутегі атомының сызықтық спектрін қалай түсіндіруге болады?

5. Франк және Герц тәжірибелерінің мәнісі неде?

6. Франк және Герц тәжірибелері негізінде қандай қортындылар жасауға болады?

7. Франк және Герц тәжірибесін қолданып Бордың екінші постулатының дұрыстығын көрсетіңіз?

8. Франк және Герц тәжірибесінде, егер түтік сутегі атомдарымен толтырылған болса, анодтың тоқтың шұғыл төмендеуі қандай үдеткіш потенциалда байқалатын болады?