

## 2-LABORATORIYA ISHI

### MAVZU: VODOROD ATOMINING SPEKTRINI O'RGANISH. BALMER SERIYASINING SPEKTRAL CHIZIQLARINI TADBIQ QILISH

#### *Ishning maqsadi:*

Bu laboratoriya ishini bajarishdan ko'zda tutilgan maqsad vodorod atomining ko'zga ko'rinarli sohada yotuvchi spektr chiziqlarida kuzatiladigan qonuniyatni o'rganishdir.

#### *Nazariy qism:*

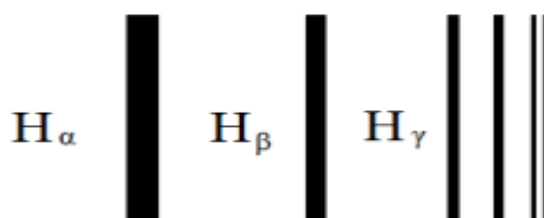
Vodorod atomi bitta proton va uning atrofida aylanuvchi bitta elektrondan iborat eng oddiy atom bo'lganligi uchun uning nurlanish spektri ham sodda qonuniyatlar bilan ifodalanadi. 1885 yilda Balmer vodorod atomining ko'zga ko'rinadigan spektr chiziqlari quyidagi qonuniyatga bo'ysinishini ko'rsatdi:

$$\nu^* = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 3, 4, 5, \dots \dots \quad \text{Balmer, 1885-yil}$$

bu yerda  $\nu^* = \frac{1}{\lambda}$  – to'lqin soni,  $\lambda$  – to'lqin uzunligi,  $R$  – Ridberg doimiysi ( $R=109678 \text{ sm}^{-1}$  bo'lganda tajriba natijalari yaxshi tushuntiriladi). Keyinchalik vodorod atomi nurlanish spektrining boshqa seriyalari ham o'rganildi. Bu nurlanish chiziqlari spektrning ultrabinafsha qismida yotuvchi Layman, infraqizil qismida yotuvchi Pashen, Brekktet, Pfund, Xemfri seriyalari deb ataladi:

$\nu^* = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 2, 3, 4, \dots \dots$	Layman, 1906-yil
$\nu^* = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 4, 5, 6, \dots \dots$	Pashen, 1908-yil
$\nu^* = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 5, 6, 7, \dots \dots$	Brekktet, 1922-yil
$\nu^* = R \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 6, 7, 8, \dots \dots$	Pfund, 1924-yil
$\nu^* = R \left( \frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 7, 8, 9, \dots \dots$	Xemfri, 1953-yil

Har bir seriyaga tegishli birinchi chiziq  $n$  ning minimal qiymati bilan aniqlanib, minimal chastotaga ega bo'ladi.  $n$  ortishi bilan seriya chiziqlari bir-biriga yaqinlashib boradi, spektral chiziq chastotasi esa ortib boradi.  $n \rightarrow \infty$  da  $N_\infty$  - seriya chegarasi hosil bo'ladi. 1-rasmda vodorod atomining Balmer seriyasi spektr chiziqlari ko'rsatilgan.



Bu laboratoriya ishida foydalaniladigan optik spektrometrda Balmer seriyasining birinchi to'rtta chizig'i yaxshi kuzatiladi. Vodorod atomi spektral seriyalarini umumlashgan Balmer formulasi bilan ifodalash mumkin:

$$\nu^* = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

$m=1,2,3,\dots$  va  $n=m+1,m+2,\dots$  Bu formulada  $m$  berilgan seriya uchun o'zgarmas bo'ladi. (2) formuladan Ridberg–Ritts kombinatsiya prinsipi kelib chiqadi. Bu prinsipga ko'ra, biror seriyaga tegishli ikkita to'lqin sonlari ayirmasi boshqa seriyaga tegishli biror spektral chiziq to'lqin soniga teng bo'ladi. Umumlashgan Balmer formulasini quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\nu^* = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) = T(m) - T(n) \quad (3)$$

Bu yerda  $T(m)$  va  $T(n)$ –**spektr termolari** yoki **termlar** deb ataladi. Borning ikkinchi postulatiga ko'ra

$$h\nu = h\nu^*c = E_m - E_n$$

Ikkinchi tomondan,

$$h\nu = h\nu^*c = hcT(m) - hcT(n) = hcR \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (4)$$

Demak, term ma'lum statsionar holatni, termlar ayirmasi esa ikki statsionar holatlar ayirmasini yoki nurlanish energiyasini ifoda qilar ekan, chunki:

$$E_m = \frac{hcR}{m^2} \quad \text{va} \quad E_n = \frac{hcR}{n^2} \quad (5)$$

Agar elektronning spini hisobga olinmasa, uning vodorod atomidagi holati Shredinger tenglamasi bilan ifoda qilinadi. Shredinger tenglamasining yechimi esa elektronning energiya holatlari uchun quyidagi formulani beradi:

$$E_n = -\frac{1}{(4\pi\epsilon_0)^2} \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2} \frac{1}{n^2} \quad (6)$$

Bu formulada  $m_e$  – elektronning massasi,  $e$  – uning zaryadi,  $n=1,2,3,\dots$  bosh kvant soni deb ataladi.

$E_n$  qiymatlari esa atomning statsionar holatlaridagi energiya qiymatini ko'rsatadi. (6) dan  $E_n$  va  $E_m$  holatlar energiya farqlari uchun

$$h\nu^*c = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 h^2} \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (7)$$

hosil bo'ladi. Bu formulani (4) bilan taqqoslasak, Ridberg doimiysi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$R_\infty = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 h^3 c} \quad (8)$$

Bu yerda Ridberg doimiysiga  $\infty$  indeksi qo'yildi. Chunki (8) formulani olishda vodorod atomining yadrosi tinch turadi va uning massasi cheksiz katta deb xisoblandi. Aslida esa, vodorod atomining yadrosi chekli massaga ega va u bilan elektron umumiy massa markazi atrofida harakatlanadi. Bu holni e'tiborga olish uchun (8) formuladagi elektron massasi  $m_e$  ni quyidagi keltirilgan massa bilan almashtirish kerak :

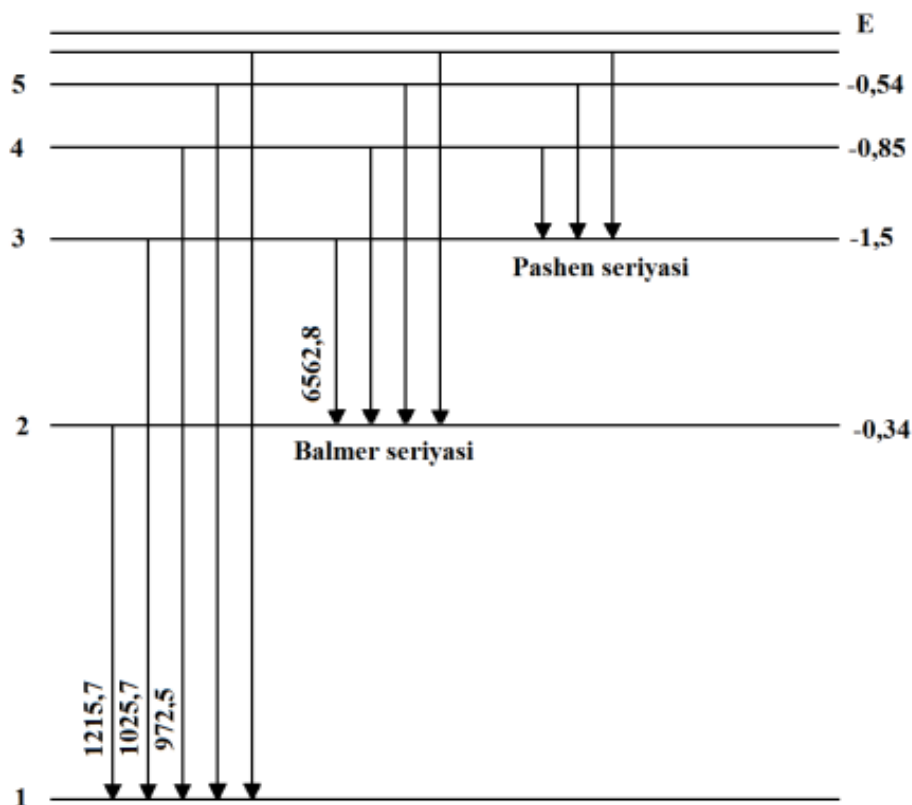
$$\mu = \frac{M_H m_e}{M_H + m_e} \quad (9)$$

bu yerda  $M$ – vodorod atomi yadrosining massasi. U holda,

$$R = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m_e}{M_H}} \quad (10)$$

bo'ladi. Vodorod atomi uchun  $R=109677,6 \text{ sm}^{-1}$  kelib chiqadi. Bu qiymat Ridberg doimiysining nazariy qiymati  $R_{\infty}=109737,3 \text{ sm}^{-1}$  dan farq qiladi va uning tajriba qiymatiga esa yaqindir. 2-rasmda vodorod atomining energiya sathlari diagrammasi ko'rsatilgan. Sathlar orasidagi o'tishlar strelkalar bilan ifodalangan.

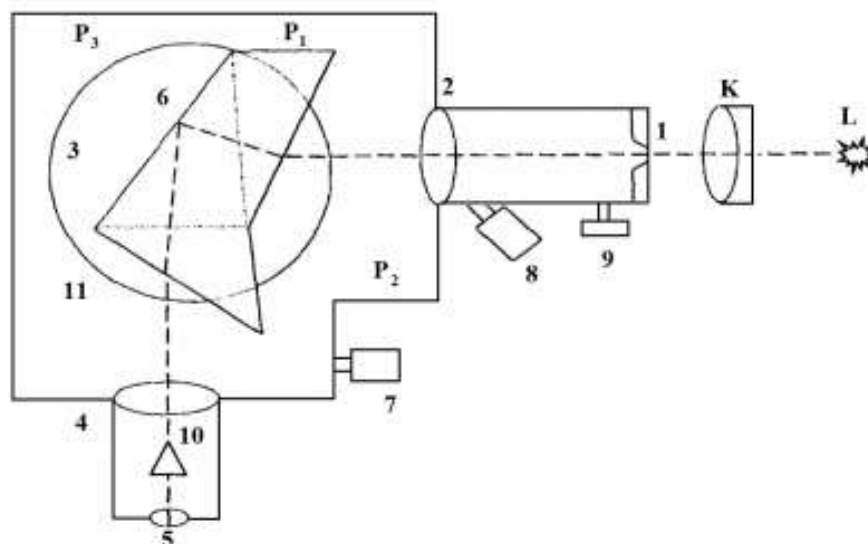
Berilgan seriya chiziqlari uchun  $m$  ning qiymati o'zgarmas bo'lib,  $n$  esa  $m+1$  dan  $\infty$  ga qadar o'zgaradi. Biz kuzatadigan Balmer seriyasi uchun  $m=2$  va yaxshi kuzatiladigan birinchi to'rt spektral chiziqlar uchun  $n=3,4,5,6$  qiymatlarni qabul qiladi.



2-rasm

**Qurilma chizmasi va ishlash prinsipi.** Spektral chiziq to'liq uzunliklarini o'lchash uchun prizmalı monoxramator –spektrometr UM-2 dan foydalaniladi. Bu asbob spektr chiziqlarini o'rganishda keng ishlatiladi. Uning chizmasi 3-rasmda ko'rsatilgan.

1-tirqish orqali monoxramatorga yorug'lik nuri tushadi. Tirqishni 9-vint yordamida kerakligicha ochish yoki berkitish mumkin. 8-vint yordamida 2 kollimator ob'yektiv tirqishiga nisbatan siljirilishi mumkin. Oq yorug'lik nurini spektrlarga ajratuvchi 3-murakkab prizma buriluvchi stolchaga joylashgan.



**3-rasm.**

Prizma uchta  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  prizmalardan tuzilgan.  $P_1$  va  $P_2$  prizmalar katta dispersiyaga ega bo'lgan materialdan yasalgan va ularning sindirish burchagi  $30^\circ$ .  $P_3$  prizmaning asosiga tushgan nur  $90^\circ$  ga burilib qaytadi. 6-buriluvchi stolcha mikrovint yordamida kerakli burchakka murakkab prizmani burib bera oladi. Ko'rish trubasi 4-ob'yektiv va 5-okulyardan tashkil topgan. 4-ob'yektivning fokal tekisligida 1-tirqish tasvirini olish mumkin va shu fokal tekislikda 10-ko'rsatgich joylashgan.

Asbob 11-massiv korpus ichiga joylashgan.  $L$  manbadan chiqayotgan yorug'lik nuri  $K$  kondensordan o'tib, 1-tirqishga tushadi. Yorug'lik manbai tirqishdan  $45\text{ sm}$  uzoqlikda, kondensor esa manbadan taxminan  $13\text{ sm}$  oraliqda joylashadi. So'ng kondensor siljilib, tirqishda manbaning tasviri hosil qilinadi. Asbobdagi yoritgich lampalar va yorug'lik manbalari maxsus elektr energiyasi manbalari bilan ta'minlanadi. Spektrometr bilan ish boshlashdan oldin asbobni yaxshilab fokuslash kerak. Buning uchun okulyarni surib, 10-ko'rsatgich uchining tasvirini aniq ko'rinadigan qilib fokuslash kerak. 8-mikrovint yordamida spektr chiziqlar tasvirini ham aniq ko'rinadigan qilib olish kerak. Spektral chiziqning to'liqlinuzunligini o'lchashda spektr chiziqni ko'rsatgich uchiga aniq joylash kerak.

Bu holda yo'l qo'yiladigan xatolikni kamaytirish uchun tirqish kengligini  $0,02-0,03\text{ mm}$  dan katta qilmay o'lchab olib borish shart. Spektrometr eng avval gradirovkalanishi kerak. Buning uchun simob va neon lampalaridan foydalaniladi. Bu manbada kuzatiluvchi spektr chiziqlar to'liqlin uzunligi quyidagi jadvallarda keltirilgan. Gradirovka egri chizig'ini katta ko'lamda chizish kerak.

**1- jadval**

Simob spektri		
Chiziqlar	Nisbiy ravshanligi	$\lambda, ^\circ\text{A}$
Sariq	10	5790,6

Sariq	8	5769,6
Yashil	10	5460,7
Havo rang	1	4916,0
Ko'k	8	4358,3
Binafsha	1	4077,8
Binafsha	2	4046,6

***Ishning bajarilish tartibi:***

1. Simob va neon lampalaridan foydalanib, spektrometрни graduировкаlang.
2. Vodorod spektr chiziqlarining ( $N_{\alpha}$ ,  $N_{\beta}$ ,  $N_{\gamma}$ , va  $N_{\delta}$ ) to'liq uzunligini o'lchang va Balmer formulasining to'g'ri bajarilishini tekshiring.
3. Vodorod uchun olingan har bir spektr chiziq to'liq uzunligi uchun Ridberg doimiysini aniqlang va o'rtachasini uning jadvalda berilgan qiymati bilan taqqoslang.

***Sinov savollari:***

1. Vodorod atomi
2. Bor postulatları
3. Atomning diskret energetik sathlari
4. Vodorod atomining spektri va spektral seriyalar
5. Vodorod atomining Bor nazariyasi
6. Kvant sonlari va ularning fizik mazmuni
7. Bor magnetoni
8. 1-Bor orbitasining fizik mazmuni