

## VI. Mikro va makrozarralarning to'liqin xususiyatlari.

Kvant mexanikasida o'rganiladigan namunalarning (mikrozarralar elektron, proton, neytron, yadro, atom va boshq.) chiziqli o'lchami  $10^{-8} - 10^{-15}\text{m}$  tartibidadir. Agar zarra  $v \ll c$  tezlik bilan harakatlansa norelyativistik kvant mexanikasi bilan ish ko'riladi. Mikrozaralar ustida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, mikrozaralar ham to'liqin ham zarra xossasiga ega. To'liqin xossasi ularning tarqalish jarayonida (interferensiya, difraksiya hodisalari), zarra xossasi esa zarralarning o'zaro ta'sirida (fotoeffekt, kompton effekti va boshqalarda) namoyon bo'ladi. Oddiy ko'z bilan ko'rish mumkin bo'lgan zarralar makrozarralar deyiladi. Mikro va makrozarralar orasida muhim farq yo'q. Zarralarda to'liqin xossalari namoyon bo'lishi uchun zarralar tarqalishi jarayonida paydo bo'ladigan to'liqin uzunligi zarralar sochiladigan namunaning o'lchamidan katta bo'lishi kerak, ya'ni  $\lambda \gg d$  bo'lishi talab qilinadi. Bunda  $d$ -namunaning o'lchami,  $\lambda$  - tarqalayotgan zarraning to'liqin uzunligi  $\lambda \gg d$  bo'lgan hollarda zarraning tarqalish jarayonida uning to'liqin xossasi namoyon bo'ladi va bunda kvant mexanikasi qonunlarini tatbiq qilish mumkin.  $d \gg \lambda$  bo'lgan hollarda zarraning to'liqin xossasi namoyon bo'lmaydi, bu holda kvant mexanikasini tatbiq qilish talab qilinmaydi. Makrozarralar harakatidagi to'liqin uzunligi juda kichik bo'lib, uni hisobga olmaslik mumkin. Mikrozaralarning to'liqin xossasiga ega ekanligini aniqlash maqsadida Devidson va Jermerlar tomonidan o'tkazilgan tajribalarda elektronlarning de-Broyl to'liqin uzunligi  $\lambda = 1\text{\AA}$  tartibda bo'lgan. Elektronlar kristall panjara tugunlaridagi atomlarda sochiladi. Kristall panjara

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{m\dot{g}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-27}}{10^{-3} \cdot 10^{-4}} \cong 6,6 \cdot 10^{-20} \text{ sm}$$

tugunlari orasidagi masofa  $d = 1\text{\AA}$  tartibidadir. Shuning uchun ham Devidson va Jermer tajribalarida elektronlar difraksiyasi yaqqol namoyon bo'ladi. Zarralarning energiyasi oshirilganda, ularning to'liqin uzunligi kamayadi. Energiyasi 1 GeV gacha tezlatilgan elektronlarning to'liqin uzunligi  $\lambda = 10^{-13}\text{sm}$  tartibda bo'ladi. Bunday elektronlar kristallarda sochilishida to'liqin xossalari kuzatilmaydi, chunki kristall panjara tugunlari orasidagi masofa  $d = 1\text{\AA} = 10^{-8}\text{sm}$ , ya'ni  $d \gg \lambda$ . Lekin agar shu elektronlar o'lchami  $d = 10^{-13}\text{sm}$  bo'lgan namunalardan sochilsa, ularning to'liqin xossalari namoyon bo'ladi. Shuning uchun ham o'lchami  $R = 10^{-13}\text{sm}$  bo'lgan yadrolar va nuklonlar tuzilishini o'rganishda elektronlar energiyasi 1 GeV dan ortiq energiyagacha tezlashtiriladi.

Massasi 1 mg va tezligi 1 mk/sek bo'lgan makrozarraning (masalan, chang zarrasining) to'liqin uzunligini hisoblash mumkin:

Bundan makrozarralarning to'liqin uzunligi hisobga olmaslik darajada kichik ekanligini ko'rish mumkin. Bunda makrozarralarning to'liqin xususiyati namoyon bo'lmaydi.

### ***Mustaqil yechish uchun misol va masalalar***

1. Kinetik energiyasi: 1)  $10\text{keV}$ , 2)  $10\text{MeV}$  bo'lgan elektron uchun de-Broyl to'liqin uzunligini toping.

2. 20°S temperaturada ko'proq ehtimol tezlikda harakat qilayotgan vodorod atomi uchun de-Broyl to'liq uzunligini toping.
3. 1) 1V va 2) 100V potentsiallar ayirmasida o'tgan elektronlar uchun de-Broyl to'liq uzunligi topilsin.
4.  $\alpha$ -zarracha kuchlanganligi 250 V bo'lgan bir jinsli magnit maydonida 0,83 sm radiusli aylana bo'yicha harakat qiladi. Shu  $\alpha$ -zarracha uchun de-Broyl to'liq uzunligini toping.
5. Agar elektronning tezligi  $\vartheta=1$  Mm/s bo'lsa, elektronning to'liq xususiyatini xarakterlovchi de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda$  aniqlansin. Shunday hisob-kitob proton uchun ham bajarilsin.
6. Elektron  $\vartheta=200$  Mm/s tezlik bilan harakatlanadi. Elektron massasining uning tezligiga bog'liq ravishda o'zgarishi hisobga olingan holda de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.
7. Elektron uchun de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda=0,1$  nm bo'lishi uchun u qanday tezlantiruvchi potentsiallar farki  $U$  ni o'tishi kerak?
8. 1) 1 kV; 2) 1 MB – tezlantiruvchi potentsiallar farqidan o'tgan protonning de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.
9. Agar elektronning de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda$  uning kompton to'liq uzunligi  $\lambda_s$  ga teng bo'lsa, elektron qanday tezlik bilan harakatlanmoqda?
10. Vodorod atomining ikkinchi orbitasida turgan elektronning de-Broyl to'liq uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.
11. Asbob elektromagnit impulsning tarqalish tezligini qayd qildi. Asbob qanday tezlikni qayd qilgan – fazaviy tezliknima yoki guruhynima?
12. Guruhiy tezlikning umumiy ifodasini bilgan holda norelyativistik va relyativistik hollar uchun de-Broyl to'liq uzunligining guruhiy tezligi  $u$  topilsin.
13. Harakatlanayotgan zarra koordinatasining noaniqligini de-Broyl to'liq uzunligiga teng deb faraz qilib, shu zarra impulsining nisbiy noanikligi  $\Delta p/p$  aniqlansin.
14.  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$  noanikliklar munosabatidan foydalanib, vodorod atomidagi elektronning eng pastki energetik sathi baholansin. Atomning chiziqli o'lchamlari  $l \approx 0,1$  nm deb qabul qilinsin.