

2-16-МАВЗУ: МИКРОЗАРРАЛАРНИНГ ТЎЛҚИН ТАБИАТИ. ШРЕДИНГЕР ТЕНГЛАМАСИ.

РЕЖА

1. Микрозарраларнинг тўлқин табиати.
2. Зарра-тўлқин дуализми.
3. Де-Бройл формуласи.
4. Электронлар дифракцияси.
5. Шредингер тенгламаси.
6. Нанотехнология ҳақида умумий тушунча.

Бизга маълумки, фотон тушунчаси киритилгандаёқ унинг энергияси ва частотаси орасидаги $E = h\nu$ муносабат ёзилиб, фотон мавжудлигини ўзи бевосита корпусклар – тўлқин дуализми билан боғлиқлиги аниқланган эди. Агар фотон шундай хусусиятга эга экан, унда бошқа зарралар, жумладан, электрон ҳам шундай корпусклар – тўлқин дуализми хусусиятига эга эмасми, деган савол туғилади. Француз олими Луи де-Бройль (1923 й.) корпускуляр-тўлқин дуализми нафақат ёруғлик фотонларигагина хос хусусият, балки табиатдаги барча зарраларга (электрон, протон, нейтрон ва материянинг бошқа зарралари) ҳам хос универсал хусусиятдир деган ғояни илгари сурди. Микрообъектларнинг бу икки корпускуляр-тўлқин хоссалари орасидаги микдорий муносабатларни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (16.1)$$

λ - де-Бройль тўлқин узунлиги деб юритилади. Тинч ҳолатда массага эга бўлган, тезлиги ёруғлик тезлигидан кичик заррачалар учун де – Бройль тўлқин узунлиги:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (16.2)$$

Қўп ўтмай америкалик олимлар Жермер ва Дэвиссон (1927 й.) никелнинг табиий кристаллидан сочилган электронларнинг дифракциясини кузатишга мувофиқ бўлдилар. Натижалар Вульф-Брегг формуласидан олинган натижалар билан мос тушиб, де-Бройль гипотезаси ниҳоятда тўғри эканлиги тажрибада тасдиқланди. Фабрикант, Биверман ва Сушкинлар (1949 й.) тажрибада тўлқин хусусият ҳар бир электронга хос эканлигини исботлашди. Кейинги ўтказилган тажрибаларда протонлар, нейтронлар ва бошқа зарралар тўлқин хусусиятига эга эканлиги намоён бўлди.

XX асрнинг бошларида микрозарраларнинг бир пайтда ҳам тўлқин ҳам корпускуляр хоссага эга бўлишини классик физика тушунтириб бера олмади. Микродунёдаги жараёнларни тўғри тушуниш учун микрозарраларнинг ҳаракатига эҳтимоллик нуқтаи назардан қараш керак бўлади. 1927 йилда В. Гейзенберг шундай фикрга келди: микрозарраларнинг координатасини ва импульсини бир пайтда бир хил аниқлик билан аниқлаш мумкин эмас. Гейзенбергнинг ноаниқлик муносабатига биноан микрозарра бир пайтда аниқ координата ва аниқ импульсга эга бўлиши мумкин эмас, уларнинг ноаниқлиги қуйидаги муносабатга бўйсунди.

$$\begin{aligned} \Delta x \cdot \Delta P_x &\geq h \\ \Delta y \cdot \Delta P_y &\geq h \\ \Delta z \cdot \Delta P_z &\geq h \end{aligned} \quad (16.3)$$

(16.3) формулани бошқача ёзамиз: $\Delta x \cdot \Delta v_x \geq \frac{h}{m}$ (16.4). Демак, масса қанчалик катта

бўлса координата ва тезликнинг ноаниқлиги шунчалик кичик бўлиши мумкин, зарра учун траектория тушунчасини шунчалик катта аниқлик билан ишлатиш мумкин. Мисол учун массаси $m = 10^{-12} \text{ кг}$ ва ўлчами 10^{-6} м бўлган заррачани олайлик. Унинг координатаси ўлчамининг $0,01$ қисмига тенг аниқлик билан берилган бўлсин ($\Delta x \approx 10^{-8} \text{ м}$). Унда

тезликнинг ноаниқлиги $\Delta v_x = \frac{h}{m\Delta x} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{10^{-8} \cdot 10^{-12}} = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ м/с}$, демак ноаниқлик жуда кичик ва заррани аниқ траектория бўйича ҳаракат қилади деб ҳисоблаш мумкин.

Микрозарраларнинг тўлқин табиатини ҳисобга олиб 1926 йилда М. Борн уларнинг ҳаракатини тўлқин функцияси билан ифодалашни таклиф этди. Тўлқин функцияси $\Psi(x, y, z, t)$ заррачанинг корпускуляр ва тўлқин хоссалари ҳақидаги информацияни ўз ичига олади. Зарранинг бирор dV ҳажмда бўлиш эҳтимоллиги:

$$dW = |\Psi|^2 dV \quad (16.5)$$

Физик маънога тўлқин функциянинг ўзи эмас, унинг модулининг квадрати эга бўлади. 1926 йилда Э. Шредингер микрозарраларнинг ҳаракатини ифодалайдиган тўлқин тенгламасини таклиф этди:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U(x, y, z, t) \Psi = i\hbar \frac{d\Psi}{dt} \quad (16.6)$$

бу ерда $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, m - заррача массаси, Δ - Лаплас оператори $\left(\Delta \Psi = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right)$, $i = \sqrt{-1}$, $U(x, y, z, t)$ - зарранинг майдондаги потенциал энергияси.

Шредингер тенгламасининг стационар (вақтга боғлиқ бўлмаган) ҳолатлар учун кўриниши қуйидагича бўлади.

$$\Delta \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \Psi = 0 \quad (16.7)$$

Нанотехнология - талаб қилинган хусусиятларга эга, ўлчамлари 1 нм дан 100 нм гача бўлган системаларни ҳосил қилиш ва бошқариш технологиялари билан боғлиқ муаммоларни ўрганади. Бу янги йўналишни ҳозиргача ягона таърифи мавжуд эмас, яъни бир неча вариантларда таъриф бериш мумкин. Нанообъектларга қуйидагиларни мисол қилиб келтириш мумкин:

1. Графен, Углерод нанотрубкалари, Фуллерен
2. Нанокристаллар
3. Аэрогел, Аэрографит
4. Наноаккумуляторлар
5. Нанопроцессорлар (Intel ва AMD компанияларини нано ўлчамли процессорлари)
6. Нанороботлар
7. Наноантенналар-юқори зичликда маълумотларни узатувчи антенналар
8. GMR-эффект ёрдамида атомар зичликда маълумотлар ёзиш қурилмалари

НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Де-Бройл илгари сурган ғояни тушунтиринг.
2. Элементар зарра (электрон) тўлқин узунлиги қандай аниқланади.
3. Де-Бройл назарияси исботланган тажрибаларни изоҳланг.
4. Электрон дифракцияси қандай амалга ошади.
5. Гейзенберг ноаниқлик принципини тушунтиринг.
6. Шредингер тенгламасини изоҳланг.
7. Нанотехнология нима.

АДАБИЁТЛАР

1. Douglas C. Giancoli, Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 6 th edition January 17, 2014, USA
2. Султанов Н.А. “Физика курси” Т. “Фан ва технология” 2007 йил
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики. Учебник -М.: “Академия”, 2007
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебник. -М.: «Академия», 2007
5. google. Com