



Дуална природа микрообјеката

- Де Брољева хипотеза

Двадесетих година XX вијека више се није сумњало у дуалну таласно-честичну природу свјетлости. Дубоко вјерујући у јединство природе, **Де Брољ** је поставио хипотезу по којој дуална природа није само одлика свјетлости већ и свих микрообјеката (електрона, протона, неутрона, атома...).

Де Брољева хипотеза: Свакој честици која има импулс p придружује се талас који има таласну дужину:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

гдје је h Планкова константа. До овог израза је Де Брољ дошао помоћу формуле за импулс фотона.

Де Брољеви таласи нису електромагнетни, већ имају специфичну природу о чему ћемо причати у наредним лекцијама. Такође, честично-таласни дуализам није само одлика микрообјеката, већ се односи на све објекте, па и на макрообјекте. Међутим, њихова таласна дужина је тако мала (услед великог импулса- масе), да њихова таласна својства никада не долазе до изражаја. Ово ће бити још јасније након приче о дифракцији електрона.

- Дифракција електрона

Први експеримент који је потврдио Де Брољеву хипотезу о честично-таласној природи честица извели су **Девисон и Цермер** 1927. године. Они су посматрали дифракцију електрона на монокристалу никла и установили њихову интерференцију.



На слици је приказана шема експеримента. Извор електрона избацује сноп електрона који се помоћу електрода убрзава ка пластици кристала. Електрони се затим одбијају од пластице и

њих региструје детектор који може да се помјера. Ротирањем детектора установљено је да у одређеним правцима расијани сноп електрона има максималан интензитет, а у одређеним правцима интензитет снопа је минималан. Односно, добијена је слика која одговара дифракционој слици свјетлости. Дакле, овим експериментом је потврђена таласна природа електрона.

Распоред максимума интензитета приликом дифракције одређен је формулом:

$$2d\sin\theta = z\lambda$$

гдје је d размак сусједних равни кристала (константа решетке), а θ угао расијања који је означен на слици. Помоћу ове формуле, мјерењем угла θ под којим се види одговарајући максимум, а уз познавање растојања d , Девисон и Џермер су успјели измјерити таласну дужину електрона λ . Импулс електрона им је такође био познат, јер су могли контролисати примјењени напон на електродама којим се убрзавају електрони. Када су упоредили импулс и таласну дужину електрона, то се поклопило са Де Брољевом хипотезом. Слични експерименти су изведени и са осталим честицама (протонима, неутронима, атомима хелијума...) и доказана је и њихова дифракција. На овај начин је доказано да је дуалност универзална:

Сваки микрообјекат је у исто вријеме и талас и честица. У неким појавама се испољавају таласна, а у неким честица својства објеката. Због своје дуалне природе, микрообјекти се називају "талас-честице".



- Хајзенбергове релације неодређености

Неодређеност у класичној физици је везана за грешке приликом мјерења. Кретање тијела је потпуно одређено положајем тијела и његовим импулсом (брзином). Координате тијела и његов импулс је могуће одредити истовремено, јер су они независни једно од другог. Такође, тачност резултата зависи само од тачности инструмента који користимо. Ако би постојао савршен инструмент грешке не би било, односно неодређеност не би постојала.

Међутим, у случају микрообјеката услед њихове дуалне природе, то није могуће. У вези с тим, важе Хајзенбергове релације неодређености:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h, \quad \Delta y \cdot \Delta p_y \geq h, \quad \Delta z \cdot \Delta p_z \geq h$$

Смисао релација неодређености је сљедећи: ако покушамо да одредимо положај и импулс микрообјекта истовремено, направићемо грешку јер те величине нису независне. При том мјерењу, увијек постоји нека грешка чија је минимална вриједност одређена Планковом константом h .

За разлику од класичне физике, ова неодређеност није последица несавршености мјерног инструмента/експериментатора/начина мјерења, већ је то дио саме природе ствари. Чак и да су сви услови идеални, грешка би и даље постојала. Дакле:

Немогуће је истовремено тачно одредити и положај и импулс микрообјекта.

Такође, из формула је јасно да што тачније покушавамо измјерити положај тијела, то је грешка при мјерењу импулса већа. Хајзенбергове релације неодређености показују да је процес мјерења на микрообјекту доста другачији од процеса мјерења на макрообјекту. Наиме, свако мјерење подразумијева међусобну интеракцију инструмента којим се мјери и тијела које мјеримо. Та интеракција се може учинити занемарљивом када је у питању мјерење макрообјеката. Међутим приликом мјерења микрообјеката то није могуће.



ЕЛЕМЕНТИ КВАНТНЕ МЕХАНИКЕ

Максим Мичета

Такође, можемо ово посматрати и као неодређеност енергије и времена. Дужина живота микрообјета у неком стању и неодређеност енергије у том стању повезани су формулом:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

Дакле, што је краће вријеме живота честице у неком стању то је енергија неодређенија.