

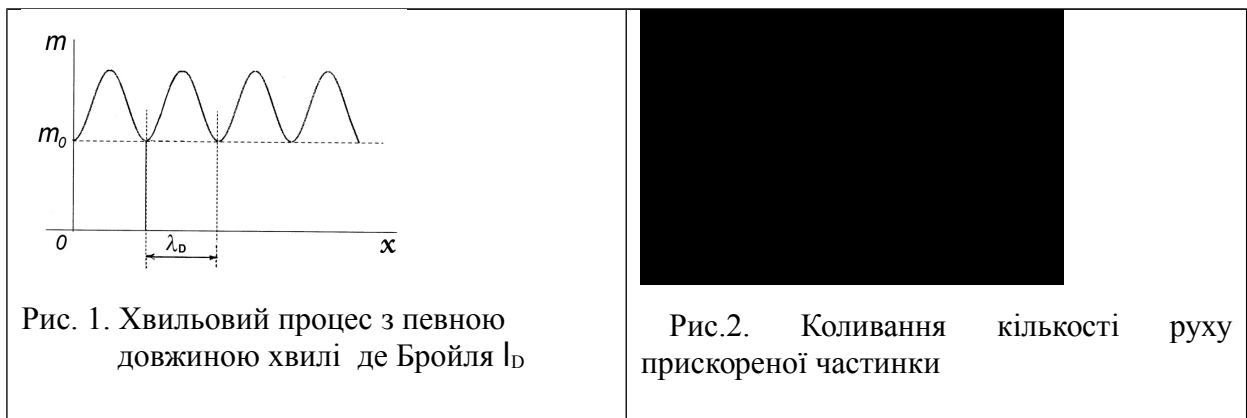
*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут,
Сусь Богдан А.
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка.
Сусь Богдан Б.*

ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ СПІВВІДНОШЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДЛЯ ХВИЛЬ-ЧАСТИНОК

Двоїстість природи хвиль-частинок підтверджується рівнянням Шредінгера і співвідношенням невизначеності Гейзенберга. В роботі [1] звертається увага на важливість квантової механіки для пізнання мікросвіту. Квантова механіка розглядає частинки, які рухаються з великою швидкістю і є так званими хвилями де Бройля [2]. Такі частинки дійсно являють собою хвильовий процес. Але властивість бути частинкою і хвилею водночас знаходиться в суперечності. Суть двоїстості в тому, що в природі існують не просто хвилі, а є дві зовсім різні природи хвиль – хвилі як коливання середовища і хвилі як потік частинок, що рухаються поступально і ще коливаються. Щоб частинка рухалася з великою швидкістю, її треба прискорити і надати кінетичної енергії. Відомо, що матерія перебуває у двох видах – речовини і поля. Ознакою речовини є маса (m), а характеристикою поля – енергія (W). Між цими складовими матерії існує зв'язок: $W = c^2 m$. А це значить, що коли змінюється, наприклад маса, то відповідно повинна змінюватись енергія: $\Delta W = c^2 \Delta m$. Підтвердженням може бути зростання маси електронів, які прискорюються в циклотронах до великих швидкостей. Це змінна, «динамічна» маса. Тому коли прискорення закінчується, рухлива маса починає зменшуватися і переходити в енергію. оскільки є закони збереження маси і з енергії [2]. В результаті виникають коливання типу:

$$\Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \times \times \quad (1)$$

Квантова механіка підтверджує як хвильові, так і корпускулярні властивості хвиль-частинок. Зокрема, співвідношення невизначеності Гейзенберга є вираженням корпускулярних властивостей мікрочастинки. Частинка масою m , яка рухається рівномірно з великою швидкістю v має кількість руху: $p = mv$. В класичній механіці, коли маса відносно велика, а швидкість руху мала, можна вказати місце знаходження такого тіла. Однак у квантовій механіці таке зробити неможливо через те, що частинка розглядається як хвиля. А особливість частинки-хвилі в тому, що вона, рухаючись рівномірно зі швидкістю v , ще перебуває в коливальному стані типу (1), коли її маса періодично змінюється. Виникає хвильовий процес з певною довжиною хвилі де Бройля λ_D (рис. 1). Аналогічно до маси коливається кількість руху частинки: $p = mv$ (рис. 2).



Про положення частинки в просторі ми судимо по тому, **де знаходиться її маса**. Оскільки маса при русі частинки коливається, то в різних місцях вона різна. Тобто, **існує певна невизначеність** знаходження маси. Тому логічно невизначеність положення частинки Δx розглядати в межах довжини хвилі де Бройля λ_D :

$$\Delta x = \lambda_D \quad (1)$$

Існує також невизначеність кількості руху частинки: $\Delta p = \Delta mv$, яка

при русі частинки змінюється. В межах l_D найбільша невизначеність кількості руху при зміні координати може бути рівною самій величині кількості руху:

$$\Delta p_x = p. \quad (2)$$

Перемноживши ліві і праві сторони (1) і (2), одержимо:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x = l_D p. \quad (3).$$

Враховуючи, що для хвилі де Бройля $\lambda_D = h / p$,

(3) запишемо:
$$\Delta x \Delta p_x = l_D p = \frac{h}{p} \times p,$$

або

$$\boxed{\Delta x \times \Delta p_x = h.} \quad (4)$$

Ця невизначеність положення частинки Δx і невизначеність кількості руху Δp_x у квантовій механіці має назву **співвідношення невизначеності Гейзенберга**. Вона означає, що чим точніше будемо знати положення частинки ($\Delta x \rightarrow 0$), тим більшою буде невизначеність кількості руху Δp_x , оскільки добуток $\Delta x \Delta p_x$ не змінюється. І навпаки, якщо б точно знати величину кількості руху ($p_x \rightarrow 0$), то не можемо знати, де саме знаходиться частинка. Таким чином, співвідношення невизначеності є своєрідним вираженням корпускулярного підходу у квантовій механіці.

Інший підхід пов'язаний зі зміною стану частинки. Оскільки положення частинки визначає положенням її маси, а маса міняється, то можемо говорити про імовірність знаходження частинки в даному місці. Основою хвильового підходу є хвильове рівняння Шредінгера.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Садовий М.І. Співвідношення невизначеності у наукових дослідженнях: історичний аспект // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки. – Кропивницький: РВВ ЦДПУ, 2018. – Вип. 168. – С. 200-204

2. Физический энциклопед. словарь. Гл. ред. А.М. Прохоров и др. –М.: «Советская энциклопедия». 1983.
3. Sus' B.A. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition / B.A. Sus', B.B. Sus', O.B. Kravchenko. – Kyiv: PC “Prosvita”, 2012. – 121 pages.