

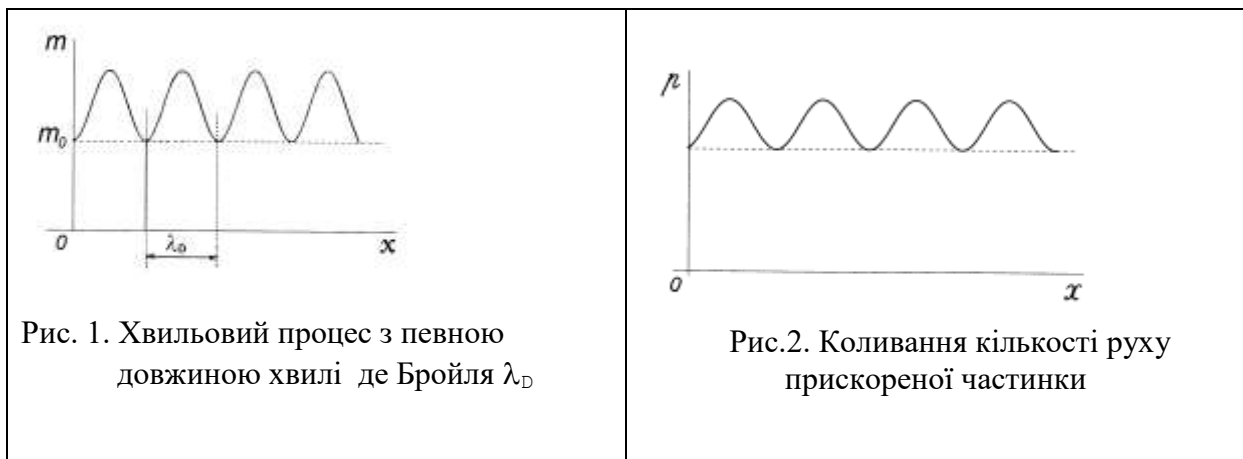
Подгорнова Д. Я., курсантка  
Військового інституту телекомунікацій  
та інформатизації ім. Героїв Крут,  
вул. Московська, 45/1, м. Київ, 01011.  
керівник Сусь Б.А., e-mail: [bogdansus@gmail.com](mailto:bogdansus@gmail.com)

## ХВИЛЬОВИЙ ПРОЦЕС РУХУ ЧАСТИНКИ З ВЕЛИКОЮ ШВИДКІСТЮ

Частинки, які рухаються з великою швидкістю є так званими хвилями де Бройля дійсно являють собою хвильовий процес. Але властивість бути частинкою і хвилею водночас знаходиться в суперечності. Бо хвиля – це коливання, які поширюються в просторі. А що коливається, коли частинка рухається зі **сталою швидкістю** ? Сто років тому не могли знайти пояснення, як так може бути, в чому ж суть двоїстості. Справа 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. Частинка просто так з великою швидкістю не рухається – її для цього треба прискорити, а значить надати їй 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 відомий 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. При прискоренні зростає енергія частинки, а значить повинна зростати маса. Це маса змінна, «динамічна». Тому коли прискорення закінчиться, ця маса почне зменшуватися, переходячи в енергію, оскільки є закон збереження маси і закон збереження енергії. Це так, ніби відхилили і відпустили маятник. В результаті виникають коливання типу:

$$\Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \Delta m \rightarrow \Delta W \rightarrow \dots$$

Квантова механіка підтверджує як хвильові, так і корпускулярні властивості хвиль-частинок. Співвідношення невизначеності Гейзенберга визначає такі властивості мікрочастинки мати невизначеність маси [1]. 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 в будь-який момент часу. Однак у квантовій механіці таке зробити неможливо через те, що маса частинки змінюється. І особливість частинки в тому, що вона, рухаючись рівномірно зі швидкістю  $v$ , ще перебуває в коливальному стані. В результаті виникає хвильовий процес з певною довжиною хвилі де Бройля  $\lambda_D$  (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 і існує проблема місцезнаходження частинки. Тобто, **існує певна невизначеність** знаходження маси  $\Delta m$ . Відповідно існує також невизначеність кількості руху частинки:  $\Delta p = \Delta m v$ . Тому логічно невизначеність положення частинки  $\Delta x$  розглядати в межах довжини хвилі де Бройля  $\lambda_D$  :

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

Подібно і з кількістю руху, яка при русі частинки змінюється. Найбільша невизначеність кількості руху при зміні координати в межах  $\lambda_D$  може бути рівною самій величині кількості руху:

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

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

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

Враховуючи, що для хвилі де Бройля  $\lambda_D = \frac{h}{p}$ ,

$$(3) \text{ запишемо: } \Delta x \Delta p_x = \lambda_D p = \frac{h}{p} \cdot p,$$

або  $\Delta x \cdot \Delta p_x = h.$  (4)

Це і є **співвідношення невизначеності Гейзенберга**, яке означає, що чим точніше будемо знати положення частинки ( $\Delta x \rightarrow 0$ ), тим більшою буде невизначеність кількості руху  $\Delta p_x$ , 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.

### Література

1. Физический энциклопед. словарь. Гл. ред. А.М. Прохоров и др. –М.: «Советская энциклопедия». 1983.