

## 6. Кротові нори та квантова заплутаність

Мирослав Хоньків, Богдан Стефанюк, Світлана Літвинчук, Анатолій Король  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Ідея кротових нір, що сполучають різні області простору-часу, не вигадана фантастами, вона належить великому фізику-теоретику, одному із засновників сучасної теоретичної фізики, – Альберту Ейнштейнові. У 1935 році Альберт Ейнштейн і Натан Розен написали роботу, в якій доводили, що загальна теорія відносності допускає утворення того, що вони назвали "мостами" і що тепер відоме як кротові нори.

**Матеріали і методи.** Ейнштейн вважав, що, насправді, все детерміновано, просто ми поки що не можемо це виміряти. Правильність протилежної позиції була пізніше продемонстрована експериментально. Особливо яскраво – в експериментальних дослідженнях квантової заплутаності.

**Результати.** Фізик-теоретик Марк Ван Раамсдонк у 2009 році висловив думку, що заплутаність і простір-час насправді пов'язані між собою. Він розрахував, що простір без заплутаності не зміг би утримати себе. А у червні 2013 року фізики-теоретики Хуан Малдасена і Леонард Саскінд із США показали, що між парою квантово заплутаних чорних дір формується кротова нора. Нині дві незалежні групи учених стверджують, що для формування вона може простягнутися між двома квантово заплутаними кварками.

Крістан Дженсен із Канади і Андреас Карч із США описали квантово заплутану пару, що складається з кварка і антикварка, які мчаться геть один від одного з близькосвітловими швидкостями, що робить неможливою передачу сигналів від одного до іншого. Дослідники вважають, що тривимірний простір, в якому рухаються кварки, – це гіпотетична грань чотиридимірного світу. У 3d-просторі квантово заплутані частинки сполучені свого роду "струною". А у 4d-просторі ця "струна" стає кротовою норю. Отже, заплутаність і кротова нора не існують в одному і тому ж просторі, проте математично вони еквівалентні.

Джуліан Соннер із США представив квантово-заплутану пару кварк-антикварк, що народжується в сильному електричному полі, яка розлучає протилежно заряджені частки, примушуючи їх прискорено рухатися у різних напрямках. Соннер також дійшов висновку, що частинки, квантово заплутані в тривимірному просторі, будуть з'єднані кротовою норю в чотиридимірному.

Саскінд і Малдасена звертають увагу, що в обох нових роботах первинні квантові частки розглядаються у рамках моделей, які не враховують вплив гравітації. У спрощеній, "безгравітаційній" моделі нашого світу не може бути ніяких чорних дір і кротових нір, тому зв'язок квантової заплутаності з кротовою норю залишається лише математичною аналогією. "Їх еквівалентність має сенс лише в теорії з гравітацією", – говорить Саскінд. Проте Карч вважає, що навіть їх спрощена модель дає цілком певне уявлення про те, що кротові нори і квантова заплутаність можуть бути різними проявами однієї і тієї ж фізичної реальності.

**Висновки.** Фізики-теоретики виявили зв'язок між кротовими норями в просторі-часі і явищем квантової заплутаності. Зараз квантова заплутаність і пов'язана з нею дальнюдія з нескінченною швидкістю вважаються реальними, експериментально доведеними феноменами. Їм намагаються знайти практичне застосування, наприклад, при конструюванні квантового комп'ютера і розробці методів квантової криптографії.