

"מעשה כשפים לאור היום"

פריצת דרך בתחום המכניקה הקוונטית: חוקרים מהפקולטה לפיסיקה בטכניון הוכיחו את אפשרות יצירתם של "פוטונים שזורים" באמצעות מוליך למחצה ■ לתגלית יישומים אפשריים מרחיקי לכת בתחומי ההצפנה, הטלפורטציה והמיחשוב הקוונטי

אחר. הטלפורטציה משתמשת בתכונת השזירות לשם שחזור מצב פיסיקלי במקום אחר. "לשימוש באור שזור (פוטונים שזורים) במקום באלקטרונים או באטומים שזורים ישנם יתרונות משמעותיים, מסביר לינדנר. "ראשית, הפוטון הרבה יותר נייד מהאלקטרון. שנית, הוא איש לסיביתו, כלומר - הוא אינו מושפע כל כך משדות וכוחות שונים. שלישית, קל מאוד לשלוט בו - ולבצע בו מניפולציות שונות."

רקע הסטורי

לטכניון מסורת היסטורית מרשימה בתחום השזירה. אחד המאמרים המפורסמים במכניקה קוונטית ידוע בשם EPR - על שם כותביו איינשטיין, פודולסקי ורוזן. האחרון, פרופסור-מחקר נתן רוזן המנוח, היה ממייסדי הפקולטה לפיסיקה בטכניון. המאמר, שפורסם בשנת 1935, ביטא את הסתייגותו הידועה של אינשטיין מהמכניקה הקוונטית. המאמר הראה שעל פי תורת הקוונטים אפשרי, באורח פרדוקסאלי, ששני חלקיקים המרוחקים זה מזה יקיימו קורלציות מופלאות המצביעות לכאורה על העברת מידע במהירות הגדולה ממהירות האור. איינשטיין כינה תכונה זאת "מעשה כשפים במרחב" (spooky action at a distance).

נילס בוהר, אבי המכניקה הקוונטית, טען בתגובה למאמר ה-EPR כי "פעולה מרחוק" אינה מבוססת על השפעה "מכנית", אלא על השפעה על התנאים הלוגיים המגדירים את אפשרויות ההתנהגות של המערכת. את התגובה הזו של בוהר כינה אינשטיין "פלפול תלמודי". בשנת 1962 הראה הפיסיקאי האירי ג'ון כל כי את המחלוקת אינשטיין-בוהר ניתן להכריע באופן ניסויי. בעקבות המודל המתמטי שניסח כל בוצעו בשנות השבעים והשמונים ניסויים אשר הוכיחו כי חלקיקים שזורים אכן ניחנים בקורלציות המופלאות שחזה המכניקה הקוונטית. תלמידו של פרופסור רוזן, פרופסור-מחקר אשר פרס המנוח, היה אף הוא איש הפקולטה לפיסיקה בטכניון. פרופסור פרס היה פיסיקאי בעל שם עולמי ומפורצי הדרך בתחום הטלפורטציה העיונית. הוכחת שזירות האור בעבודתם של הפרופסורים גרשוני ואברון ותלמידיהם מתבססת על משפט מתמטי חשוב של פרופסור פרס.

במחקר שנערך באחרונה בטכניון הוכחה לראשונה אפשרות יצירתם של חלקיקים קוונטיים שזורים באמצעות מוליך-למחצה. על המחקר, שנערך במסגרת עבודת הדוקטורט של ניקה אקופיאן, בהנחייתו של פרופסור דוד גרשוני, מדווח כתב העת Physical Review Letters.

שיזור (entanglement) הוא תופעה שבה שני חלקיקים קוונטיים מתנהגים כתאומים פיזיקליים: כאשר מאפייניו הקוונטיים של אחד מהם משתנים (בעקבות מדידה), משתנים גם מאפייניו הקוונטיים של החלקיק התאום. מתאם זה בין שני החלקיקים השזורים מכונה "קורלציה קוונטית". אחת התכונות המפתיעות בתופעת השיזור היא שהקורלציות הן בו זמניות, וללא תלות במרחק בין שני החלקיקים.

הדוקטורנטים ניקה אקופיאן ונתנאל לינדנר, והפרופסורים דוד גרשוני ויוסף אברון, הוכיחו - באופן תיאורטי וניסויי כאחד - כי בתנאים מתאימים, מוליך-למחצה יכול להוות מקור של אור שזור. להוכחה זאת חשיבות מדעית וטכנולוגית מכרעת. מקורות של אור שזור המבוססים על מוליכים למחצה (המהווים כיום תשתית ומסד לטכנולוגיה המודרנית), מאפשרים למעשה יצירה של פוטונים שזורים "על פי דרישה", ולא באופן אקראי, כפי שיוצרו עד כה.

"מקור של פוטונים שזורים על פי דרישה הוא חלומם של רבים כיום," אומר פרופסור גרשוני. "מדענים, מהנדסי מחשב, אנשי הצפנה ותקשורת מתעניינים מאוד באפשרות השיזור על פי דרישה, הפותחת פתח לשורה ארוכה של יישומים עתידיים". יישומים אלה הם הבסיס לתחום מדעי חדש וחשוב הנקרא "עיבוד אינפורמציה קוונטי" (Quantum Information Processing). היישומים החשובים שבהם מדובר הינם:

מיחשוב קוונטי. מיחשוב שהינו מהיר בסדרי גודל רבים מהמיחשוב הבינארי הקיים. מיחשוב קוונטי יאפשר לפצח את כל ההצפנות הקלאסיות הידועות כיום.

הצפנה. במקביל פותחת המכניקה הקוונטית שער לשיטות תקשורת קוונטית חדשות שהינן מוצפנות ומאובטחות לחלוטין.

טלפורטציה. טכנולוגיה שתאפשר העתקה של מצב קוונטי ממקום אחד למקום מרוחק אחר. הטלפורטציה הינו תחום עתידי המסעיר את דמיונם של קוראי ספרות מדע בדיוני (מנהרת הזמן, מסע בין כוכבים - עולמות בדיוניים שבהם נעלמים אנשים וחפצים ממקום מסוים, ומופיעים במקום