

מדענים ישראלים מצאו אישור נוסף לתנועת חלקיקי האור על פי תורת היחסות של איינשטיין

החוקרים ערכו את אחת המדידות המדויקות ביותר של אחידות מהירות האור שנעשו אי פעם. הם בחנו חלקיקים שונים שהגיעו ממרחק שישה מיליארד שנות אור

עידו אפרתי 16.03.2015 17:57

קבוצת חוקרים בראשות פרופסורים ישראלים מצאה הוכחה נוספת לתורת היחסות של אלברט איינשטיין, מאה שנה לאחר שהציע אותה. במאמר שהתפרסם היום (שני) בכתב העת Nature Physics אישרו החוקרים את אחת ההנחות הבסיסיות של התיאוריה המפורסמת: העובדה שכל חלקיקי האור מתקדמים במרחב בדיוק באותה מהירות. בראש קבוצת החוקרים עומדים הפרופ' צבי פירן ממכון רקח לפיזיקה באוניברסיטה העברית ולצדו פרופ' יהונתן גרנות מהאוניברסיטה הפתוחה, ושותפים לו גם חוקרים מהאוניברסיטאות ספיינצה ברומא ומונפלייה בצרפת.

במחקר, שנערך בתמיכת סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע, ניתחו החוקרים נתונים שהתקבלו מהלוויין "פרמי" (Fermi) של סוכנות החלל האמריקאית, והשוו בין מהירותם של חלקיקי אור שונים שהגיעו מהבזק קרינת גמא ממרחק שישה מיליארד שנות אור. הממצאים העלו כי על אף שעברו כשישה מיליארד שנים מאז שהאור נפלט ועד שהגיע לכדור הארץ, הפרש הזמנים בין מועדי ההגעה של חלקיקי אור (פוטונים) שונים, בעלי אנרגיות שונות, היה קטן מעשירית שנייה. על פי צוות המחקר, זוהי אחת המדידות המדויקות ביותר של אחידות מהירות האור שנעשתה אי פעם. "כשהתחלנו בניתוח הנתונים לא האמנתי שנוכל להגיע למדידה כל כך מדויקת", אמר ל"הארץ" פרופ' פירן ממובילי המחקר,

לדבריו, "אחד הדברים הבסיסיים ביותר על פי תורת היחסות, הוא ההנחה כי כל חלקיקי האור מתקדמים בחלל באותה המהירות — מהירות האור. זה הדבר האבסולוטי ביותר שקיים בטבע, שאומר שמהירות האור קבועה ולא משתנה, גם כשמדובר בפוטונים שונים. בין אם מדובר, למשל, בפוטונים של אור בצבע אדום או צהוב, ובין אם מדובר בפוטונים של קרינת גמא או קרינת רדיו. זו הנחה בסיסית בתורת היחסות, וההנחה הזו דרשה בדיקה שתאשר אותה. ואכן, בוצעו לאורך השנים מדידות שונות, אבל לא ברמת דיוק כזו".

לדברי פירן, מה שאיפשר להגיע לרמת דיוק כה גבוהה הם הנתונים שהתקבלו מהבזק קרני גמא רחוק במיוחד, ממנו נפלטו פוטונים בעלי אנרגיות שונות. "הפוטונים נעו אלינו במשך שישה מיליארד שנים, כך שגם אם היה שוני קטן במהירות בין הפוטונים השונים, המרחק הרב יצר אפקט מצטבר שניתן היה להבחין בו. השווינו במחקר בין חלקיקים בעלי אנרגיה של 1 KEV ועד לחלקיקים בעלי אנרגיה הגבוהה פי 10,000 של 100 GEV. החלקיקים הגיעו ביחד".

לדבריו, נעשו בעבר בדיקות שונות לאישוש הנחת מהירות האור בתורת היחסות, אולם לא ברמת דיוק גבוהה כמו במחקר הנוכחי. "הדיוק כאן הוא דבר חשוב ביותר. במחקר הנוכחי הוא נובע מכך שחלקיקים שנמדדו מגיעים ממרחקים עצומים, תוך תשומות לב מיוחדת גם לאפשרות התיאורטית

שפוטונים נעים במהירות אקראית — גם אם הם בעלי אותה רמת אנרגיה, בשל אפקטים חיצוניים שאינם קשורים לחלקיקים עצמם".

ואולם, המדידה והניתוח שערכו המדענים אינה מהווה רק אישור נוסף לתנועת חלקיקי האור על פי תורת היחסות הכללית. היא למעשה מעמידה בספק את אחת האפשרויות המרתקות ביותר לאיחוד בין תורת היחסות ותורת הקוונטים. שתי תורות אלה מהוות יחד את שני אבני היסוד של הפיזיקה המודרנית. עם זאת, קיימת סתירה ביניהן, הנובעת מעקרון אי-הוודאות העומד בבסיסה של תורת הקוונטים.

אחד הרעיונות המרתקים לשילוב בין שתי התיאוריות ולגישור על הקונפליקט בא לידי ביטוי בתורת ה"קצף זמן-מרחב" (space time foam) שהגה ב-1955 הפיזיקאי האמריקאי ג'ון וילר, לפיה הבסיס למארג היקום הוא מבנה מיקרוסקופי של בועיות זעירות, מעין קצף. על פי תיאוריה זו, גודלן של בועות הקצף הוא כה זעיר עד שקשה לדמיין אותן ואין אנו יכולים להבחין בהן ישירות. חלקיקי האור, לעומת זאת, נעים בקפיצות מבועת קצף אחת לשנייה, ולכן הם חשים במבנה זה. בהתאם לכך, שני חלקיקים בעלי אורך גל שונה ינועו במהירויות שונות במקצת אחד מהשני.

ואולם, לדברי פירן, התצפיות החדשות שהראו שהחלקיקים הגיעו בו זמנית, פוסלות אפשרות זו. "על פי התיאוריה, מדובר בבועות זעירות במיוחד — בגודל של 10 בחזקת מינוס 33 הסנטימטר. אנחנו לא יכולים להרגיש בהן כמובן בחיי היומיום וגם אין לנו דרך ניסיונית להבחין בהן. אבל אם מצב כזה אכן קיים, ניתן היה לצפות שבמבנה מרחב שכזה פוטונים בעלי אנרגיות שונות ינועו במהירויות שונות. ולכן, המשמעות החשובה ביותר של המחקר מבחינה קונספטואלית ומדעית היא בכך שהוא מאפשר לנו להגיד שאם קיים כזה מבנה קפיצי ביקום, הוא כנראה קטן וכולל בועות קצף קטנות יותר משנטען בתיאוריה", הסביר פירן.