

## הודעה לעיתונות

\*\*\* לא לשחרור לפני 11.2.2016 בשעה 17:30 זמן ישראל \*\*\*

פרטים נוספים / פרטי קשר - אחרי הטקסט

### גלים גרביטציוניים זהו 100 שנים לאחר הניבוי של איינשטיין

LIGO פותח חלון חדש על היקום בתצפית של גלים כבידתיים מהתנגשות של חורים שחורים

Washington, DC / Cascina, Italy

בפעם הראשונה, מדענים מדדו אדוות במרקם של המרחב-זמן - הקרויות גלים-גרביטציוניים (כבידתיים) - אשר הגיעו לכדור הארץ מאירוע דרמטי ביקום הרחוק.

המדידה הזו מאשרת ניבוי מרכזי של תורת היחסות הכללית של אלברט איינשטיין מ-1915, ופותחת חלון חדש חסר-תקדים אל הקוסמוס.

גלים-כבידתיים נושאים מידע על מקורותיהם וכן לגבי טיבה של הגרביטציה שלא ניתן להשיג בדרך אחרת.

פיסיקאים הגיעו למסקנה כי הגלים שזוהו הופקו במהלך שבריר השנייה האחרון של המיזוג של שני חורים שחורים, בו נוצר חור שחור מסתובב אחד, כבד יותר. התנגשות כזו של שני חורים שחורים הייתה צפויה תיאורטית, אך לא נצפתה מעולם.

הגלים הכבידתיים אותרו ב-14 בספטמבר, 2015 בשעה 5:51 בבוקר, שעון מזרח ארה"ב (9:51 am UTC) על ידי שני הגלאים התאומים של מערך LIGO, "מצפה גלים-גרביטציוניים באמצעות אינטרפרומטר לייזר", הממוקמים בליווינגסטון, לואיזיאנה ובהנפורד, וושינגטון, ארה"ב. מצפי הכוכבים LIGO ממומנים על ידי הקרן הלאומית למדע של ארה"ב (NSF), והם נהגו, נבנו ומופעלים בידי קאלטק ו-MIT. התגלית, אשר התקבלה לפרסום במגזין Physical Review Letters, נעשתה על ידי מערך שיתוף הפעולה המדעי LIGO (הכולל את המערך הגרמני-בריטי GEO600 ואת הקונסורציום האוסטרלי לאסטרונומיה כבידתית אינטרפרומטרית) ועל ידי מערך VIRGO הצרפתי-איטלקי באמצעות נתונים משני הגלאים של LIGO.

בהתבסס על הפיזיקה של האירוע המסוים הזה, מדעני LIGO מעריכים כי החורים השחורים המעורבים היו כבדים פי 29 ופי 36 ממסת השמש, והאירוע התקיים לפני 1.3 מיליארד שנים. מסה של כ-3 פעמים מסת השמש הומרה לגלים גרביטציוניים בשבריר של שנייה - בהספק מקסימלי של כ-50 פעמים כל הספק התאורה של היקום הנראה. אלו הגלים הגרביטציוניים שנצפו ב-LIGO. על ידי השוואת זמן ההגעה של האותות - בגלאי בליווינגסטון נרשם האירוע 7 אלפיות השנייה לפני הגלאי בהנפורד - המדענים יכולים לומר שהמקור היה בכיוון שמי חצי הכדור הדרומי.

לפי תורת היחסות הכללית, זוג חורים שחורים המקיפים זה את זה מאבדים אנרגיה באמצעות פליטה של גלים כבידתיים, מה שגורם להם להתקרב זה לזה בהדרגה במשך מיליארדי שנים, בקצב הולך וגובר - עד לסחרור מהיר מאד בדקות האחרונות. במהלך שבריר השנייה הסופי, שני החורים השחורים מתנגשים זה בזה במהירות שהיא כמעט חצי ממהירות האור, ויוצרים חור

שחור אחד מסיבי יותר. חלק מהמסה של החורים השחורים המתמזגים מומרת לאנרגיה, ע"פ הנוסחה  $E=mc^2$  של איינשטיין. אנרגיה זו נפלטת בפרץ חזק סופי של גלים גרביטציוניים.

"התצפית שלנו של גלים כבידתיים מגשימה יעד שאפתני שנקבע לפני כ-5 עשורים - לזהות באופן ישיר תופעה חמקמקה זו ולהבין טוב יותר את היקום, וזה אך הולך שהיא ממלאת את מורשתו של איינשטיין במלאות 100 שנה לתורת היחסות הכללית שלו", אומר דוד רייצה מקאלטק, מנכ"ל מעבדת LIGO.

קיומם של גלים גרביטציוניים הוסק תצפיתית לראשונה בשנות השבעים ע"י הולס, טיילור ווייסברג. הולס וטיילור גילו ב-1974 מערכת בינארית המורכבת פולסאר וכוכב נוסף (לימים נתגלה שזהו כוכב ניוטרונים). ניתוח המסלול הראה שזמן המחזור הלך והתקצר עם הזמן, התקצרות המתאימה לתחזית של אובדן אנרגיה לגלים גרביטציוניים; על תגלית זו זכו בפרס נובל לפיזיקה ב-1993. מערכת בינארית זו תתקרב עד להתמזגות בעוד כ-300 מיליון שנים. בתצפית החדשה, גלאי LIGO מדדו באופן ישיר את הגלים מסוף חייה של מערכת בינארית המורכבת משני חורים שחורים, וסיפקו רישום בזמן של שברירי השניה האחרונים בחייה של המערכת בעודה מתמזגת לחור שחור אחד.

התגלית התאפשרה הודות לשיפור היכולות של גלאי LIGO המתקדם (aLIGO), שדרוג משמעותי המגביר את הרגישות של המכשירים לעומת גלאי LIGO מהדור הראשון, מה שמאפשר עלייה גדולה בנפח היקום הנחקר - ואת גילוי הגלים הכבידתיים במהלך הרצת התצפית הראשונה שלה. הקרן הלאומית למדע בארה"ב מובילה בתמיכה הכספית עבור aLIGO. בנוסף ארגונים מממנים בגרמניה (מכון מקס פלאנק), בריטניה (שרותי המועצה למדע וטכנולוגיה, STFC) ואוסטרליה (המועצה למחקר האוסטרלי) גם תרמו משמעותית לפרויקט.

כמה מטכנולוגיות המפתח שאיפשרו ל aLIGO רגישות כ"כ גבוהה פותחו ונבדקו על ידי מערך שיתוף הפעולה הבריטי-גרמני GEO. כמה אוניברסיטאות תכננו, בנו ובדקו רכיבי מפתח עבור aLIGO: האוני' הלאומית של אוסטרליה, אוני' אדלייד, אוני' פלורידה, סטנפורד, אוני' קולומביה בניו יורק, אוני' מדינת לואיזיאנה.

LIGO הוצע במקור כאמצעי לגילוי גלים כבידתיים כאלה בשנת 1980 על ידי ריינר וייס, פרופסור לפיזיקה, אמריטוס, מ-MIT; קיפ תורן, מחזיק קתדרת פיינמן לפיזיקה תיאורטית ע"ש פיינמן בקלטק, אמריטוס; ורונלד דרבר, פרופסור לפיזיקה, אמריטוס, גם מקלטק.

"הפרטים של תצפית זו מתוארים להפליא באמצעות תורתו של איינשטיין, תורת היחסות הכללית, שגובשה לפני 100 שנים - וכוללים את המבחן הראשון של התיאוריה בכבידה חזקה. זה היה יכול להיות נפלא לראות את פניו של איינשטיין לו יכולנו לספר לו", אומר וייס.

"עם התגלית הזו, אנו בני האדם יוצאים למסע חדש ורהיב: המסע לחקר הצד העקום של היקום - גופים ותופעות העשויים מעקמומיות מרחב-זמן. חורים שחורים מתנגשים וגלים גרביטציוניים הם הדוגמאות היפהפיות הראשונות", אומר ת'ורן.

"כאשר אושר התקציב הראשוני ל-LIGO ב-1992, זו היתה ההשקעה הגדולה ביותר אי פעם של ה-NSF", אמר פרנס קורדובה, מנהל ה-NSF. "זה היה סיכון גדול. אבל ה-NSF היא הסוכנות שנועדה לקחת על עצמה סיכונים כאלה. אנחנו תומכים במחקר מדע בסיסי והנדסה בתחילת

המסלול, בנקודה בה הדרך אל המטרה עוד לא ברורה. אנחנו מממנים פורצי-דרך. זו הסיבה שארה"ב ממשיכה להיות מובילה עולמית בקידום ידע."

מחקר LIGO מתבצע על ידי מערך LSC (שיתוף הפעולה המדעי של LIGO), קבוצה של יותר מ- 1000 מדענים מאוניברסיטאות ברחבי ארצות הברית וב-14 מדינות נוספות. יותר מ-90 אוניברסיטאות ומכוני מחקר ב-LSC מפתחות טכנולוגית גלאים ומנתחות נתונים; כ-250 סטודנטים הם חברים בעלי תרומה משמעותית למערך. רשת גלאי LSC כוללת את האינטרפרומטרים של LIGO ואת גלאי GEO600. צוות GEO כולל מדענים במכון מקס פלנק לפיסיקת כבידה (מכון אלברט איינשטיין, AEI), אוני' לייבניץ בהנובר, יחד עם שותפים באוני' גלזו, באוני' קארדיף, באוני' בירמינגהאם, באוני' אחרות בבריטניה, ובאוני' של האיים הבלאריים בספרד.

"תצפית זו היא תחילתו של עידן חדש: תחום האסטרונומיה באמצעות גלים כבידתיים הוא עכשיו מציאות", אומרת גבריאלה גונזאלס, דוברת LSC ופרופסורית לפיזיקה ואסטרונומיה באוני' מדינת לואיזיאנה.

מחקר VIRGO מתבצע על ידי שיתוף הפעולה המדעי VIRGO, קבוצה של יותר מ-250 פיזיקאים ומהנדסים השייכים ל-18 מעבדות שונות באירופה: 6 ב-CNRS (המרכז הלאומי למחקר מדעי בצרפת), 8 ב-INFN (המכון הלאומי לפיסיקה גרעינית באיטליה), ניקהא בהולנד, מכון ויגנר בהונגריה, קבוצת פולגרוב בפולין, והמעבדה במצפה הגרביטציוני האירופאי (EPO), המארח את אינטרפרומטר VIRGO. פולביו ריצ'י, דובר VIRGO, ציין כי "זהו ציון דרך משמעותי עבור הפיסיקה, אבל חשוב מכך - רק תחילתן של תגליות אסטרופיסיקאליות חדשות ומלהיבות רבות עם LIGO ו-VIRGO".

ברוס אלן, מנהל מכון מקס פלנק לפיזיקה כבידתית (מכון אלברט איינשטיין), מוסיף כי "איינשטיין חשב שגלי כבידתיים יהיו חלשים מכדי לזהות, ולא האמין כלל בקיומם של חורים שחורים. אבל אני לא חושב שבעניין הזה היה מפריע לו לגלות שהוא טעה!"

"גלאי LIGO המתקדם הם מלאכת מחשבת של מדע וטכנולוגיה, המתאפשרת על ידי צוות בינלאומי יוצא דופן של טכנאים, מהנדסים ומדענים", אומר דוד סנדלר מ-MIT, מנהיג הפרויקט המתקדם LIGO. "אנו גאים מאוד כי סיימנו פרויקט במימון ה-NSF תוך עמידה בזמן ובתקציב, ומאושרים ש aLIGO הגיע לגילוי פורץ דרך כל כך מהר."

האינטרפרומטר של LIGO בכל גלאי בנוי בצורת ר' כשכל זרוע באורך 4 ק"מ. כל אינטרפרומטר משתמש בפיצול לייזר לשתי אלומות המתקדמות הלוח ושוב בזרועות (צינורות בקוטר כמטר הנשמרות בואקום כמעט מושלם). האלומות משמשות לניטור המרחק בין מראות הממוקמות בקצות הזרועות באופן מדויק. לפי התיאוריה של איינשטיין, המרחק בין המראות ישתנה באופן מזערי כשגל כבידתי עובר דרך הגלאי. רגישות הגלאים מאפשרת לגלות שינוי באורכי הזרועות הקטן פי עשרת אלפים מקוטר פרוטון (חלק אחד מתוך אלף מיליארד מיליארד).

"להגשמת ההישג הפנטסטי הזה היה צורך בשיתוף פעולה כלל-עולמי של מדענים: טכנולוגיות לייזר והתליה שפותחו עבור גלאי GEO600 שימשו ב-aLIGO והפכו אותו לגלאי המתוחכם

ביותר של גלים גרביטציוניים אי פעם", אמרה שילה רוואן, פרופ' לפיסיקה ואסטרונומיה באוני' גלזגו.

גלאים עצמאיים נפרדים ורחוקים נחוצים כדי לקבוע את הכיוון של המאורע שיצר את הגלים הכיבדתיים, וגם כדי לוודא שהאותות מגיעים מהחלל ואינם נוצרים מרעשים מקומיים. "בתקווה, התצפית הראשונה הזו תאיץ את הקמתה של רשת עולמית של גלאים שתאפשר קביעה מדוייקת של המקורות בעידן של אסטרונומיה מגוונת-אמצעים", אמר דוד מק'קללנד, פרופ' לפיסיקה ומנהל המרכז לפיסיקה כבידתית באוני' הלאומית של אוסטרליה.

#### **לפרטים נוספים**

בשפה העברית : אופק בירנהולץ

מכון מקס פלנק לפיסיקה כבידתית (מכון אלברט איינשטיין)

[ofek.birnholtz@ligo.org](mailto:ofek.birnholtz@ligo.org)

+49-1573-7460249

058-5452565

סקייפ ofek.birnholtz1

באנגלית :

Caltech

Kathy Svitil

Director of News and Content Strategy

626-676-7628 (cell)

626-395-8022 (office)

[ksvitil@caltech.edu](mailto:ksvitil@caltech.edu)

MIT

Kimberly Allen

Director of Media Relations

Deputy Director, MIT News Office

617-253-2702 (office)

617-852-6094 (cell)

allenkc@mit.edu

NSF

Ivy Kupec

Media Officer

703-292-8796 (Office)

703-225-8216 (Cell)

ikupec@nsf.gov

GEO

Susanne Milde

milde@mildemarketing.de

Phone +49 331 583 93 55

Mobile: +49 172 3931349.

UK Science and Technology Facilities Council

Terry O'Connor

Email: terry.o'connor@stfc.ac.uk

Phone: +44 1793 442006

Mobile: +44 77 68 00 61 84.

Max Planck Institute for Gravitational Physics Hannover

Benjamin Knispel (Press Officer)

+49 511 762 19104

benjamin.knispel@aei.mpg.de