

שאלות שלמדע אין תשובה עליהן || ממה מורכב היקום?

רק כ-4 אחוזים מכלל מרכיבי הקוסמוס גלויים לעיני החוקרים, והשאר עדיין לוטים באפלה. הדרך לפתרון השאלה עוברת בהבנת מנגנון הפיצוץ והמוות של כוכבים

אסף רונאל, איר: דורון פלם 26.09.2019 14:05

אחד ואחריו שמונים אפסים – זהו מספר האטומים הקיימים ביקום. שלושה רבעים מתוכם הם אטומי מימן – היסוד הפשוט ביותר בטבע. 24% נוספים הם אטומי הליום, היסוד הבא בתור אחרי המימן בטבלה המחזורית. כל שאר החומרים הכבדים יותר שקיימים בטבע – מהם מורכבים כוכבי הלכת ברחבי היקום, כמו גם גופם של בני האדם ושארי היצורים החיים – מהווים כאחוז אחד בלבד מהאטומים. עד כה, הבנת האסטרופיזיקאים את היקום הנראה היא די מבוססת.

חמש שאלות גדולות שלמדע אין עדיין תשובה עליהן | לפרויקט המלא

הבעיה מתחילה עם מה שלא רואים. החומר הנראה (שמכונה החומר הבאריוני) מהווה פחות מ-20% מכלל החומר הקיים ביקום. עיקר המסה של היקום, כך מניחים מרבית החוקרים היום, נמצאת במה שמכונה "החומר האפל", שהתגלה ונחקר דרך השפעת הכבידה שלו על התנהגות עצמים שונים בחלל. יתרה מכך – גם החומר האפל מספר רק חלק קטן מהתמונה המלאה. מאז הצליחו המדענים למדוד את קצב התפשטות היקום, הם הבינו שגם החומר האפל והבאריוני יחד מהווים רק כ-20% ממרכיבי היקום בעוד שרוב היקום עשוי ממה שהו מסתורי עוד יותר מהחומר האפל – אנרגיה אפלה (שהיא האחראית כנראה להאצת התפשטות היקום).

בעיני פרופ' חגי פרץ, חבר האקדמיה הצעירה למדעים ואסטרופיזיקאי בטכניון, החידות סביב החומר הבאריוני, החומר האפל והאנרגיה האפלה, הן האתגר הגדול הניצב בפני המדענים העוסקים בתחום היום. לדבריו, חלק חשוב מהדרך לפתרון השאלה של "ממה המורכב היקום", עוברת דרך פענוח המנגנון שבו כוכבים מתפוצצים ומתים במופע זיקוקים קוסמי – שנקרא סופרנובה. ראשית, פיצוץ סופרנובות הם שיצרו חלק ניכר מהיסודות הכבדים ביקום, שמהם מורכבים כוכבי הלכת והיצורים החיים. או, כמאמר השיר, אנחנו באמת עשויים מ"אבק כוכבים". לפי פרופ' פרץ, עקרונות הפעולה של הסופרנובות מובנים, לפחות בקווים כלליים: סוג אחד של פיצוץ שכאלה מתרחש כאשר כוכבים כבדים במיוחד שורפים את כל הדלק הגרעיני שלהם. עם תום הבעירה מתחילה קריסה מהירה של החומר שממנו עשוי הכוכב לתוך עצמו, וזו גורמת לפיצוץ מהיר עוד יותר, שכמות האנרגיה הנפלטת בו שווה לאור שפולטות מיליוני שמשות (ונשוב לעוצמה זו בהמשך). סוג הסופרנובות השני מתרחש בהתפוצצות של ננסים לבנים – שהם מה שנותר אחרי מותם של כוכבים קטנים (כמו השמש): כוכב כבוי שגודלו כגודל כדור הארץ ומסתו כמסת השמש. ננסים לבנים אלה לא מפריעים לאיש, עד שמצטרפת להם מסה קריטית מהחלל סביבה. התוצאה: פיצוץ כתוצאה מהיתוך גרעיני מהיר – תהליך דומה לזה של פצצת מימן, אך של מסה עוצמה כמסת השמש שלנו. לפי המודלים הקוסמיים המקובלים, בפיצוץ מסוג זה נוצרו הברזל והיסודות הכבדים יותר. אולם מנגנון הפיצוץ עצמו, מסביר פרופ' פרץ, אינו מובן – ולכן נותרה עדיין שאלה פתוחה לגבי מקור החומר הנראה ביקום.

אולם כיצד מתקשרות הסופרנובות לחומר ולאנרגיה האפלים? כדי להבין זאת, אומר פרופ' פרץ, צריך להבין קודם כל כי אסטרונומים מודדים מרחקים בחלל באמצעות "נרות תקינים". מהם נרות תקינים? כפי שאנו יודעים להעריך את המרחק בינינו לבין נר כי אנחנו מכירים את עוצמת האור שנפלטת ממנו, כך מחפשים המדענים "נרות" שכמות האור הנפלטת מהם ידועה מראש.

אמצעי המדידה הבסיסי ביותר נעזר בשמש שלנו, שאותה אסטרונומים מכירים היטב כבר מאות שנים. בשלב הראשון, חיפשו המדענים שמשות דומות. לאחר שמצאו אותן, הם נעזרו כדי למדוד את המרחק בשיטה שנקראת פרלקסה: כפי שכשעוצמים עין אחת ואז את השנייה, העצם שמסתכלים בו זז, כך בחנו האסטרונומים כיצד שמשות זזות בשמיים כשהן נמדדות משתי נקודות שונות וחישובו כך את המרחק אליהן.

אולם גם כאשר מודדים את מיקומו של כוכב משתי הנקודות המרוחקות ביותר שניתן על פני כדור הארץ – אחת בקיץ ושנייה בחורף כשכדור הארץ נמצא בצדה השני של מערכת השמש – לא ניתן למדוד יותר מאשר את המרחקים למערכות שמש בסביבתנו הקרובה, של עד מאות שנות אור.

לכן הגיעו החוקרים לשיטה השנייה למדידת מרחק בחלל, שמתמקדת בקשר בין כמות האור שכוכבים מפיקים לצבע שלהם. כך, על סמך מדידת צבע הכוכב אפשר לקבוע כמה אור הוא פולט, ועל ידי מדידת כמות האור שמגיע בפועל אל הטלסקופים ניתן לקבוע את המרחק אליו. כיצד שיטה זו קשורה לשיטה הראשונה? בכיול המדידה, מסביר החוקר מהטכניון: כדי לקבוע את הקשר הראשוני בין צבע של כוכב לעוצמת האור שלו, צריך לדעת את המרחק אליו – ולכך צריך את מדידת הפרלקסה. ואז, לאחר כיול הכלים, שיטה זו מאפשרת למדוד מערכות שמש שנמצאות במרחק של מאות עד אלפי שנות אור.

ואולם, אלפי שנות אור הן רק חלק זעיר מהיקום, והאסטרונומים נדרשו למצוא נרות עוצמתיים יותר. פריצת הדרך הבאה בתחום הושגה על ידי חוקרת בשם הנרייטה ליוויט. היא חקרה כוכבים בשם קפאידיים שהבהירות שלהם משתנה באופן מחזורי, וגילתה כי יש התאמה בין זמן המחזור לבהירות המוחלטת שלהם. ושוב, בעזרת שיטות המדידה האחרות, ניתן היה לכייל את הקשר בין קצב מחזור שינויי הבהירות לעוצמת האור המקסימלית של הכוכבים, וכך למדוד את המרחק אליהם. אדווין האבל, גדול האסטרונומים במאה ה-20, נעזר בגילוי של ליוויט (בלי לתת לה את הקרדיט על כך) כדי לבסס לראשונה שהגלקסיה שלנו אינה היקום כולו, אלא רק גלקסיה אחת מיני רבות. גילוי נוסף ומסעיר לא פחות, שאליו הגיע האבל בעזרת הקפאידיים, היה כי ככל שהגלקסיה רחוקה יותר מאתנו, כך היא מתרחקת מאתנו בקצב מהיר יותר. משמעות הגילוי הזה היתה כי היקום מתפשט, וממצא זה של האבל מילא תפקיד משמעותי בהתגבשותה של תיאוריית המפץ הגדול. אז, בשנות ה-90, גילו חוקרים כי יש קשר בין דפוס ההתפתחות של סופרנובה לעוצמה שלה. בעזרת הקפאידיים, מדדו החוקרים את הדפוס בסופרנובות קרובות, וגיבשו את כלי מדידת המרחקים הקוסמיים הרביעי והעוצמתי ביותר. מכיוון שסופרנובות מתפוצצות בעוצמה אדירה, ניתן לזהות ולמדוד אותן גם בפינות הרחוקות של היקום הנראה. מדידות אלה היו מהותיות בגילוי שהסעיר את חוקרי הקוסמוס: שהיקום מתפשט – ובקצב מואץ. ואם היקום מתפשט בקצב מואץ, אז צריך שיהיה משהו שידחוף אותו – האנרגיה האפלה. אז מדוע צריך להבין את מנגנון הפיצוץ של סופרנובות כדי לגלות ממה מורכב היקום ומה היא בדיוק האנרגיה האפלה? כיול המדידה מבוסס על סופרנובות קרובות – ולכן מאוחרות – מסביר פרופ' פרץ. אולם הסופרנובות הרחוקות, שנמדדו במרחק של מיליארדי שנות אור, מקורן ביקום המוקדם – שהרכב החומרים בו היה שונה. "אם כן, יכול להיות שההתנהגות של סופרנובות קדומות שונה מזו של סופרנובות מאוחרות, וכדי לדעת זאת, נצטרך לפענח את המנגנון המדויק של הפיצוץ", סוגר פרופ' פרץ את המעגל הקוסמי.