



חורים שחורים

מתוך "נפלאות הבריאה"

עורך ומלקט: ש. אייזיקוביץ

eisikovits1@gmail.com

הגיליון מופיע באתר 'לדעת' וכן ניתן לקבלו לאימייל מדי שבוע על ידי שליחת בקשה. eisikovits1@gmail.com,

058-4852-443

אודה לכם אם תעבירו את העלון לאנשיכם או כתובות של נציג עלון. אשמח לקבל הערות מחכימות ובל"נ אשתדל להתייחס אליהם. גם רשות להדפיס / לחלק / להעתיק / לשמור. - בשעת הצורך הרשות נתונה לאמור מהדברים שבעלון אף שלא בשם אומרם. אבל הבא להדפיס וידפיס בשם אומרם. יביא גאולה לעולם. כמו כן יש אפשרות לקבל כל עלון בכל שפה כמעט שתרצו בתרגום של ווארד.

החיבור הראשון הופיע במסגרת

'מפעל ליקוטי שמואל'

"זה היום עשה ה' נגילה ונשמחה בו"

בשעה טובה ומוצלחת, בסייעתא דשמיא, רואה אור ספר חדש ומפעים

ליקוטי שמואל – חומש בראשית

לאחר שנים של עיון, איסוף, ליקוט ועריכה, יוצא לאור ספר ייחודי המאגד – סוף מעשה במחשבה תחילה את מיטב הקטעים, המאמרים, הסיפורים והמשלים שהופיעו בעלוני פרשת השבוע בשנים האחרונות. דברי חן ושכל טוב, שנבחרו בקפידה וערוכים בטוב טעם, כדי להחיות את הלב ולהאיר את השולחן

- מתוכן הפרקים: רעיונות מאירי עיניים לפרשיות השבוע • משלים מעוררי מחשבה • סיפורים נוגעים ללב • פנינים להעשרה ולהעברה בשולחן שבת

מתאים ללימוד אישי, למסירת דבר תורה ולשיחה משפחתית

ערוך ומוגש בעמל רב על ידי הרה"ג שמואל אייזיקוביץ שליט"א

כעת למכירה במחיר שווה לכל נפש – כרך ראשון על חומש בראשית

להזמנה:

<https://dash.bookpod.co.il/product/2231>

החורים השחורים המקומות שבהם היקום שובר את הכללים

עמוק בחלל, הרחק מכדור הארץ, קיימים אזורים שבהם חוקי הטבע כפי שאנו מכירים אותם מפסיקים להתנהג כרגיל. אלו הם החורים השחורים – מהתופעות המסתוריות, הקיצוניות והמרתקות ביותר ביקום. למרות שמם המאיים, חורים שחורים אינם "חורים" רגילים ואינם שואבים הכול סביבם, אלא תוצאה קיצונית של כבידה חזקה בצורה בלתי נתפסת.

איך נוצר חור שחור? חור שחור נוצר כאשר כוכב עצום במיוחד מסיים את חייו. כל עוד כוכב חי, מתקיים בו איזון עדין: הכבידה מנסה לכווץ אותו, והאנרגיה שנוצרת בתוכו דוחפת החוצה. כאשר הדלק הגרעיני של הכוכב נגמר – האיזון קורס. בכוכבים רגילים מתקבל ננס לבן או כוכב נייטרונים. אך בכוכבים גדולים מאוד, הקריסה אינה נעצרת. החומר נדחס לנקודה זעירה וצפופה עד כדי כך שהכבידה נעשית אינסופית כמעט – וכך נוצר חור שחור.

מה באמת קורה ליד חור שחור? לחור שחור יש אזור גבול הנקרא אופק האירועים. זהו הקו שממנו והלאה אין חזרה – אפילו אור לא מצליח לצאת משם. לא מפני שהאור "נשאב", אלא משום שהכבידה כה חזקה עד שאין לו מספיק אנרגיה לברוח. התקרבות לחור שחור הוא כמו להתגלגל במדרון שאין ממנו עצירה. דמיינו כדור שמתגלגל על מדרון תלול. בהתחלה הוא נע לאט, כמעט לא מורגש. אבל ככל שהשיפוע גדל – המהירות עולה, והשליטה נעלמת. חור שחור דומה למדרון כזה, רק שהשיפוע אינו במרחב – אלא בכבידה. ככל שמתקרבים, כל צעד קטן פנימה חייב נפילה עמוקה יותר, ואין נקודה שבה אפשר לעצור ולהסתובב. מנקודת מבט חיצונית, גוף שמתקרב לחור שחור נראה כאילו הוא מאט, נמתח ומתעמעם. מבחינתו שלו – הוא פשוט נופל פנימה. הזמן עצמו מתנהג אחרת בקרבת חור שחור, תופעה שנחזתה על ידי איינשטיין ואושרה במדידות מדעיות.

חור שחור אינו שואב הכול אחד המיתוסים הנפוצים הוא שחור שואב כל דבר סביבו. בפועל, אם השמש שלנו הייתה הופכת לחור שחור (דבר שאינו אפשרי), כדור הארץ היה ממשיך להקיף אותה כמעט באותו מסלול. חור שחור משפיע בעיקר על מה שמתקרב אליו מאוד. הסכנה קיימת רק במרחקים קטנים יחסית, ולא בקנה מידה קוסמי של "בליעת היקום". מה קורה כשמתקרבים לחור שחור ככל שמתקרבים לחור שחור, לא קורה זה בדיוק מה שמאפשר למדענים לזהות את קיומו – דרך תנועות חריגות של כוכבים סביב נקודה בלתי נראית. כאשר מתקרבים יותר, מתחילות להופיע השפעות גאות כבידתיות. צד הגוף שקרוב יותר לחור השחור נמשך חזק יותר מהצד הרחוק. ההבדל הזה יוצר מתיחה קיצונית, תהליך המכונה לעיתים "ספגטיפיקציה" – הגוף נמתח לאורך ומתכווץ לרוחב. בשלב זה, כל חומר רגיל – כוכב, כוכב לכת, או ענן גז – אינו שורד לאורך זמן.

חציית אופק האירועים – אין דרך חזרה אופק האירועים הוא הגבול הקריטי. מרגע שחוצים אותו, לא ניתן להעביר שום מידע החוצה – לא אור, לא גלים, ולא אותות מכל סוג. חשוב להבחין בין שתי נקודות מבט: מבחוץ, צופה רחוק יראה את הגוף מתקרב לאופק האירועים, מאט, נחלש באורו, ולמעשה "קופא" במקום. האור שהוא פולט נמתח לאורכי גל ארוכים יותר ויותר, עד שהוא נעלם. מנקודת מבטו של הגוף עצמו, אין רגע דרמטי במיוחד באופק האירועים. הוא פשוט ממשיך פנימה – אך מכאן והלאה, גורלו חתום. כוכבים שנקרעו ונבלעו נצפו אירועים רבים המכונים אירועי הפרעת גאות. כוכב שהתקרב מדי לחור שחור על-מסיבי נקרע לגזים לוחטים. חלק מהחומר נבלע, וחלק נפלט החוצה תוך פליטת קרינה חזקה. אלו אירועים שנמדדו בטלסקופים בחלל ובקרקע.

ענני גז ליד החור השחור *A Sagittarius בסמוך לחור השחור שבמרכז שביל החלב נצפה ענן גז (G 2) שהתקרב מאוד. הוא נמתח בצורה קיצונית, חלקו נבלע, וחלקו שינה מסלול. זו אחת ההוכחות הישירות לכוחות העצומים הפועלים שם. חומר שנעלם בדיסקות ספיחה סביב חור שחור נוצרת דיסקת גז מסתחררת, מבנה המזכיר נהר לוחט שמסתובב סביב תהום. גז ואבק אינם נופלים ישר פנימה, אלא מסתחררים במעגלים צפופים, מתחממים לטמפרטורות אדירות ופולטים אור חזק. זהו המקום האחרון שבו ניתן "לראות" חומר. משם והלאה – הכול נעלם, לא בפיצוץ ולא בצליל, אלא בדממה מוחלטת. חומר שעובר את האיזור הזה מגיע לאופק האירועים ואינו נראה יותר.

מימד הזמן בסביבת חור שחור "בבת אחת" משהו דרמטי. ההשפעה נבנית בהדרגה, אך בצורה קיצונית מאוד. במרחק גדול יחסית, חור שחור מתנהג כמו כל גוף בעל מסה. כוכבים יכולים להקיף אותו במסלולים יציבים, ולעיתים מימד הזמן בסביבת חור שחור ליד חור שחור, הזמן אינו זורם בקצב אחיד. ככל שמתקרבים אליו, הזמן עבור הגוף המתקרב עובר לאט יותר ביחס

לצופה רחוק. זו אינה תאוריה בלבד – זו תוצאה ישירה של תורת היחסות הכללית, ונמדדה גם בשדות כבידה חלשים בהרבה (כמו לוויינים סביב כדור הארץ). ליד אופק האירועים, האטת הזמן נעשית קיצונית. מבחינת צופה מרוחק, הזמן של הגוף המתקרב כמעט נעצר. מבחינת הגוף עצמו – הזמן ממשיך כרגיל, אך כל היקום החיצון "רץ קדימה". לעומת זאת, מי שנופל פנימה אינו מרגיש עצירה. עבורו, השעון מתקתק רגיל. אך כאשר הוא מביט החוצה, היקום כולו נראה כאילו הוא לוחץ על כפתור האצה. כוכבים נעים מהר, גלקסיות משתנות, והעתיד מתקפל מול העיניים. זהו פער קיצוני בין שתי מציאויות – שתיהן נכונות בו-זמנית.

מה קורה במרכז עצמו? כאן המדע נעצר. לפי החישובים הקלאסיים, במרכז החור השחור נמצאת סינגולריות – נקודה שבה הצפיפות אינסופית והזמן והמרחב מאבדים משמעות. זהו סימן ברור לכך שהתאוריה שלנו אינה שלמה – לה' פתרונים. כדי להבין מה באמת קורה שם, נדרשת תאוריה מאוחדת של כבידה קוונטית – דבר שעדיין לא הושג.

סוגי חורים שחורים ישנם כמה סוגים עיקריים של חורים שחורים: חורים שחורים כוכביים – נוצרים מקריסת כוכבים כבדים. מסתם נע בין כמה מסות שמש לעשרות מסות שמש. חורים שחורים על-מסיביים – ענקים אמיתיים שנמצאים במרכזי גלקסיות. מסתם יכולה להיות מיליוני ואף מיליארדי פעמים מסת השמש. חורים שחורים בינוניים – נדירים יותר, ועדיין נחקרים. ייתכן שהם שלב ביניים בהתפתחות חורים שחורים גדולים. החורים השחורים המוכרים יותר A Sagittarius*

החור השחור שנמצא במרכז גלקסיית שביל החלב, הגלקסיה שלנו. מסתו כ-4 מיליון פעמים ממסת השמש. הוא רחוק כ-26 אלף שנות אור מכדור הארץ, ולמרות גודלו העצום – הוא שקט יחסית. ב-16 באוקטובר, 2002 צוות בינלאומי בראשות ריינר שודל ממכון מקס פלנק דיווח לראשונה על תצפית בה עקבו אחר תנועת הכוכב S 2 שנמצא בקרבת סגיטריוס * A במשך קרוב לעשר שנים. בדיקת מסלול ההקפה עולה שהמסה של סגיטריוס * A היא כ-3.7 מיליון מסות סולאריות ברדיוס שאינו עולה על 6.25 שעות אור, או כ-4.2 מיליארד קילומטרים. לשם השוואה, פלוטו מקיף את השמש ברדיוס של 5.51 שעות אור או כ-3.7 מיליארד קילומטרים. ראיות אלו תומכות בהיפותזה שסגיטריוס * A הוא חור שחור על-מסיבי, כמו אלה הקיימים במרכזים של רוב הגלקסיות.

87M אחד החורים השחורים המפורסמים בעולם, הראשון שצולם אי פעם בשנת 2019. נמצא במרכז גלקסיית M. 87 מסתו כ-6.5 מיליארד מסות שמש. שיטת צילום זו הינה פריצת דרך בצילום חורים שחורים, שעד כה נראו ע"י מעכב אחר גופים שנעים סביבם. לכן התמונה שלו הפכה לסמל של המדע המודרני 1X Cygnus -. חור שחור כוכבי שנמצא במערכת כפולה עם

כוכב רגיל. אחד הראשונים שאומתו כחור שחור בפועל, בזכות השפעתו על בן זוגו הכוכבי. הדמיה של X Cygnus 1 לצד מיקומו בגלקסיה שלו תיעוד של כוכב שנקלע לחור כאשר כוכב מתקרב מדי לחור שחור, גאות עזה מפרקת אותו לזרם גז. זנב הזרם בורח מהמערכת, בעוד ששאר הזרם מסתובב חזרה, מקיף את החור השחור בדיסק של הריסות. ב-29 בינואר, 2019 לוויין סקר כוכבי הלכת החולפים של נאס"א (TESS) צפה בחור שחור קורע כוכב מתחילתו ועד סופו, תופעה קטסטרופלית הנקראת אירוע שיבוש גאות. הפיצוץ, שנקרא bt-19ASASSN, התגלה על ידי הסקר האוטומטי של כל השמיים לסופרנובות (SN-ASAS), רשת עולמית של 20 טלסקופים רובוטיים. זמן קצר לאחר הגילוי SN-ASAS, ביקשה תצפיות המשך על ידי לוויין סוויפט של נאס"א XMM Newton, של סוכנות החלל האירופית (ESA) (וטלסקופים קרקעיים בקוטר מטר אחד ברשת העולמית של מצפה לאס קומברס. ההפרעה התרחשה באזור הצפייה הרציף של TESS, שתמיד נמצא בטווח ראייה של אחת מארבעה המצלמות של הלוויין. דבר זה אפשר לאסטרונומים לצפות בפיצוץ מתחילתו ועד סופו.

שביל החלב הוא מפלצת רגועה בדרך כלל, אבל במשך שעות, ב-13 במאי, החור השחור התלקח וסביבתו האירה פי 75 מהרגיל – לפני שנרגע חזרה. מה קרה שם בדיוק? המדענים לא בטוחים – אבל יש להם כמה השערות. כל זרועות גלקסיית שביל החלב, כל הכוכבים, כל כוכבי הלכת והירחים, כל האסטרואידים והשביטים, סובבים נקודה אחת בשמים, A Sagittarius* – חור שחור על-מסיבי המרוחק 26,000 שנות אור מעולם הבית שלנו. כמה "על-מסיבי"? לפי הערכות, מסתו של החור השחור במרכז הגלקסיה שלנו היא פי ארבעה מיליון ממסת השמש שלנו. איך אנחנו יודעים שהחור השחור A Sagittarius* נמצא שם? הרי חורים שחורים הם גופים מסיביים עד כדי כך, שהמהירות הנדרשת כדי להשתחרר מכוח המשיכה שלהם גבוהה ממהירות האור עצמה – ומכאן שם. לכן איננו יכולים לצלם חורים שחורים, אבל אנחנו כן יכולים לצלם את ההשפעה הכבידתית של החורים השחורים על סביבתם, כלומר לצלם כוכבים וענני גז שמסתובבים במהירויות אסטרונומיות סביב משהו שאינו נראה שם לכאורה. לכן, כשהחור השחור "שלנו" התלקח פתאום – מדענים במצפה הכוכבים קק שבהוואי היו בטוחים שהם רואים את אור הכוכב S, 2 אחד מתוך קבוצה של כוכבים אמיצים במיוחד המקיפים את החור השחור במסלול אליפטי קרוב להפליא ומסוכן להחריד. למעשה, היה זה מסלולו המשונה של S, 2 שב-1995 סיפק לאסטרונומים את העדות התצפיתית הראשונה לקיומו של חור שחור על-מסיבי במרכז הגלקסיה שלנו. ההתלקחות המסתורית במאי הביאה את החור השחור לבהירות של פי 75 מרמת בהירותו בשגרה – והייתה מאירה פי שניים מהשיא הקודם, לאורך 20 שנות תצפיות. הקרינה האלקטרומגנטית שנפלטת מסביבת החור השחור לא הייתה בתחום האור הנראה, אלא בתחום הקרוב לטווח התת-אדום. התפרצות קרינת רנטגן ב-14 בספטמבר 2013, באזור החור השחור A Sagittarius* ככל הנראה, אסטרואיד חסר מזל שחלף קרוב מידי אליו.

למה חורים שחורים חשובים להבנת היקום? למרות המסתורין, חורים שחורים אינם רק איום קוסמי – הם מפתח להבנת היקום. הם משפיעים על מבנה גלקסיות, על היווצרות כוכבים, ועל התפתחות היקום כולו. סביבם נוצרות דיסקות גז לוחטות שפולטות אנרגיה אדירה, ולעיתים אף סילוני חומר באורך של אלפי שנות אור. בנוסף, חקר חורים שחורים מאפשר למדענים לבחון את גבולות הפיזיקה – כבידה, זמן, מרחב וחומר – במצבים קיצוניים שלא ניתן לשחזר בכדור הארץ. גבול הידע האנושי למרות ההתקדמות האדירה במדע, פנים החור השחור נותר תעלומה. איש אינו יודע מה קורה מעבר לאופק האירועים. שם נגמר הידע שלנו – ומתחיל אזור שבו השאלות רבות מהתשובות. אולי דווקא משום כך חורים שחורים ממשיכים לרתק: הם מזכירים לנו שהיקום גדול, עמוק ומסתורי הרבה יותר ממה שנדמה – ושעדיין יש מה לגלות. בורא העולם בא להראות כאן כביכול את עוצם חכמתו וגבורתו. שלא יוכל אף מדען לטעון 'פיצחתי את סוד היקום' - דעו לכם שיש דברים הנשגבים מבינתכם, וידועים רק לאלופו של עולם! תיאורו של אמן "עושה אֶרֶץ בְּכַחַז, מְכִין תֵּבֵל בְּחֶקְמָתוֹ, וּבְתִבּוֹנָתוֹ נִטָּה שָׁמַיִם" ("ירמיה י', י"ב.)