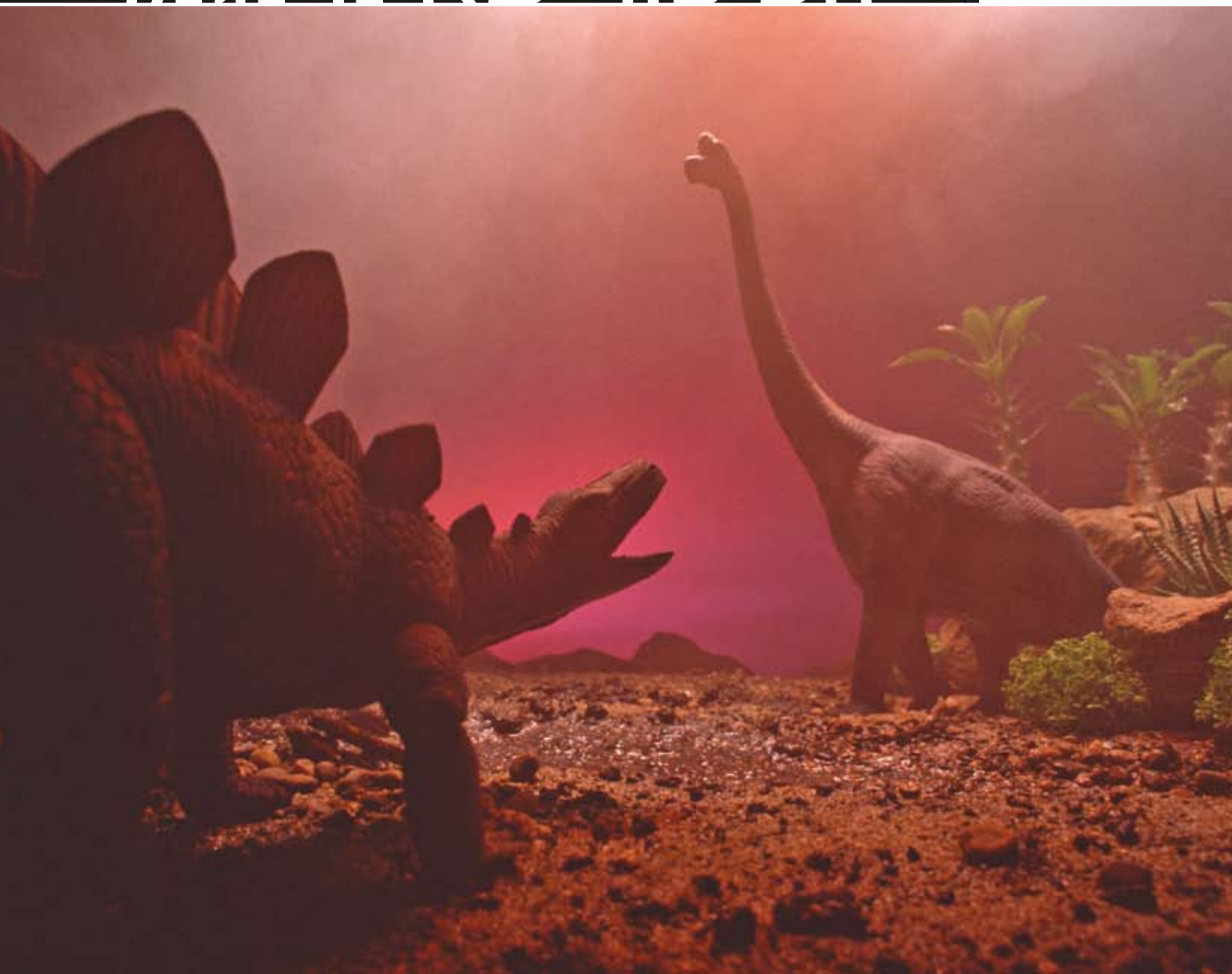


הסיפור שאינו נגמר



של 2004 MN4

על אסטרואידים משמידי חיים, על הדרך לגלותם ועל אפשרויות למיגור הסכנה מהם

מאת: נח ברוש

קרוב לחצות הליל, ביום שישי ה־13 באפריל 2029 (לא "יום שישי שחור" המביא מזל רע, אלא ההפך, כפי שיתברר בהמשך), יזכו הצופים בשמי ישראל לראות גרם שמימי הנע במהירות בין הכוכבים. אף שהגוף לא יהיה בהיר במיוחד, ואולי לא יראה כלל מלב עיר גדולה ומוארת, הוא יראה היטב לצופה הנמצא במקום חשוך, כאילו היה עוד אחד מהלוויינים המלאכותיים הנראים לאחר רדת החשכה או לקראת עלות השחר. הבהירות הנראית של הגוף תהיה כמו של אחד הכוכבים החיוורים של "העגלה הגדולה", קבוצת כוכבים ידועה בחלקם הצפוני של השמיים. ←



אסטרואידיים אחרים, וכעת הם מתקרבים מדי פעם לכדור-הארץ. האסטרואידיים הם גופים סלעיים שרובם נעים בין מסלולי מאדים וצדק, אם כי יש כאלה המשייטים במסלולים שונים בהרבה. השביטים הם גופים העשויים בדרך-כלל מקרח של מים ושל גזים קפואים אחרים, שבו מעורבבים גרגרי אבק וסלעים בגדלים שונים. החומרים הקפואים מתנדפים כאשר השביט מתקרב אל השמש לאורך מסלולו האליפטי.

גילוי ואזעקה

מזה שני עשורים העולם האסטרונומי מקדיש תשומת לב רבה לגופים קטנים, המתקרבים במידה רבה לכדור-הארץ. גופים אלה חברים במערכת השמש, יחד עם כוכבי-הלכת, שהארץ שלנו היא אחת מהם. כמו כוכבי-הלכת (או הפלנטות), גם הגופים הקטנים מקיפים את השמש במסלולים אליפטיים (כשהשמש נמצאת באחד ממוקדי האליפסה, כפי שמחייב חוק התנועה הראשון של קפלר). המניע לעניין הרב בגופים הקטנים הוא ההכרה, שגופים המתקרבים מאוד לארץ עלולים לפגוע בה ולגרום נזק חמור, אולי אפילו הכחדת האנושות כולה. למעשה, ההתמקדות בהכחדה הגדולה שהתרחשה לפני 65 מיליוני שנים, כאשר רוב הדינוזאורים עברו מהעולם, העלתה את האפשרות של פגיעה קטלנית מהחלל לתודעת הדרגים הפוליטיים. עזרו לכך גם כמה סרטי אימה ("ארמגדון", "פגיעה עמוקה", "מטאור" וכו') יחד עם ספרי מדע בדיוני על נושאים דומים, וכמובן לחץ ציבורי נמרץ.

מאז הכחדת הדינוזאורים הגדולה, היו פגיעות אחדות של גופים שמימיים בכדור-הארץ שתועדו במהלך ההיסטוריה האנושית. אחת מהן, שהתרחשה בסין בשנת 1490, גרמה ככל הנראה להרג של כ-10,000 איש. פגיעה אחרת, קרובה יותר לימינו, התרחשה ב-30 ביוני 1908 מעל סיביר. גוף שמסתו מוערכת בכ-100,000 טונות חדר לאטמוספירה והתפרק בהתפוצצות כשהיה בגובה של כשישה ק"מ. עצים נפלו בשטח של כ-2,000 קמ"ר מתחת לנקודת הפיצוץ, ובשטח גדול כפליים עלו באש גם עצים שנשארו זקופים. האנרגיה שהשתחררה בפגיעה זו שוות ערך לפיצוץ של 50,000 פצצות גרעיניות בגודל פצצת הירושימה (כל אחת בת 5,000 טון טנ"ט). בשנת 2000 חדר גוף קטן הרבה יותר, שקוטרו היה כנראה כ-20 מטרים, מעל צפון קנדה, מעל אגם טאגיש (Tagish). האנרגיה שהשתחררה בפגיעה זו היתה מקבילה לכ-2,000 טון טנ"ט בלבד, אך הפיצוץ, שהתרחש בגובה של כ-25 ק"מ מעל לקרקע, נרשם ברשת החשמל הקנדית.

הלוויינים המלאכותיים נראים לעינינו אחרי שקיעת החמה או לפני זריחתה מכיוון שהם מחזירים אלינו את אור השמש: לוויין בגובה 800 ק"מ מעל הקרקע מואר באור שמש אף שהנקודה על הקרקע שממנה הוא נראה נמצאת בחשכה. ההבדל בין הגוף שייראה ב-13 באפריל 2029 לבין הלוויינים הרגילים הוא במרחקו מאיתנו: באותו מועד, מרחקו מהארץ ישתנה באורח בולט. התנועה הנראית, של 42 מעלות לשעה, תהיה אטית יותר מזו של הלוויינים הנמוכים, אך מהירה עבור גוף המרוחק יותר מ-30,000 ק"מ מפני הארץ. בהתקרבות המרבית, כאשר הגוף ייראה כמו כוכב בהירות 3 או 4, יימצא הגרם השמימי "רק" 36,350 ק"מ מעל לקרקע, קצת יותר גבוה מרמת הלוויינים הגאואסינכרוניים (35,786 ק"מ) המשלימים הקפה אחת סביב כדור-הארץ בדיוק ביממה, ולכן הם נראים כעומדים מעל נקודה קבועה בקו המשווה.

גרם השמיים המוזר זכה לשם "אפופיס" (Apophys). פירוש השם, והקשר בינו לבין טבע הגוף, יתבררו בהמשך. אך כבר כאן חשוב להזכיר שהמחקרים הנמרצים שנעשו לגבי אפופיס מראים בבירור שה-13 באפריל 2029 הוא, במקרה זה, יום בר-מזל באופן יוצא מן הכלל לתושבי כדור-הארץ! הסלע החללי, שגודלו כמה מאות מטרים ומהירותו יחסית לארץ תהיה במועד זה גדולה מ-10 ק"מ לשנייה, לא יתנגש בכדור-הארץ, אלא יחלוף לידו במרחק בטוח. לו היתה מתרחשת התנגשות, אמנם לא היינו סובלים מ"הכחדת דינוזאורים" מחודשת, כפי שהתרחשה לפני 65 מיליוני שנים, אלא רק מאסון בקנה מידה "מקומי": מכתש שקוטרו קילומטרים אחדים ועומקו כקילומטר אחד היה נבעה בקרקע, הרס כבד היה נגרם לבניינים במרחק של עשרות רבות של קילומטרים ממקום הפגיעה, הרעש העז של החדירה לאטמוספירה והפגיעה בקרקע היה גורם לכאבי אוזניים באותו הטווח, וכן הלאה. פגיעות מסוג זה בכדור-הארץ מתרחשות מדי כמה עשרות אלפי שנים, כלומר, אין מדובר באירוע נדיר בתולדותיו. יחד עם זאת, לאחר סדרת האסונות שהתרחשה לאחרונה (הצונאמי בדרום-מזרח אסיה, הצפות ענק עקב סופות ההוריקן בדרום-מזרח ארצות-הברית) העולם הצפוף של ימינו רגיש אף לפגיעות "מינוריות".

הגוף שעליו נכתוב כאן שייך למשפחה של גופים שמימיים החברים במערכת השמש שלנו והמכונה משפחת "גופים קרובי-ארץ" (Near-Earth Objects, או NEOs). אלה הם שביטים או אסטרואידיים שמסלוליהם שונו בהשפעת כוכבי-הלכת הגדולים במערכת השמש או התנגשויות עם



הלחץ הציבורי שהופעל בארצות-הברית לאור היסטוריה של פגיעות לא-זניחות הביא ב-1998 להחלטת קונגרס להטיל על נאס"א לגלות עד שנת 2008 90% מהגופים במערכת השמש שגודלם עולה על ק"מ אחד, העלולים לפגוע בכדור-הארץ ולגרום לנזק כבד מאוד. החלטה זו, של מיפוי הסכנות מהחלל, היא בבחינת "דע את האויב" עבור האנושות. כדי לעמוד במשימת גילוי זו, התגייסו כמה מצפי כוכבים בארצות-הברית ובעולם במטרה לגלות גופים קרובי-ארץ רבים ככל האפשר. הגילוי נעשה על-ידי צילום קטע מהשמיים וחזרה על אותו הצילום כעבור כחצי שעה וכעבור כשעה שלמה. מהשוואת שלושת הצילומים, ניתן לגלות אם באזור השמיים שצולם נמצא גרם שמיים השייך למערכת השמש ואינו כוכב רחוק הנמצא ברקע; הגוף ייראה בכל אחת מהתמונות במקום שונה, עקב תנועתו סביב השמש ותנועת כדור-הארץ במסלולו (המקום שממנו אנו צופים משתנה). תוכנות מחשב מיוחדות מנתחות "שלושת" של צילומים ומגלות אוטומטית את רוב הגופים הנעים, תוך מדידה מדויקת של מיקומם. המיקום מדווח ל"מרכז לגופים קטנים" (Minor Planet Center, MPC) שהקים האיגוד הבינלאומי לאסטרונומיה באוניברסיטת הרווארד בארצות-הברית. זהו הגוף הרשמי המרכז ומפיץ את התצפיות, ומחשב את המיקום העתידי של הגופים השונים.

התצפיות של מצפה כוכבים אחד חייבות להיערך במשך שני לילות קרובים, אפילו רצופים, שבהם גרם השמיים משנה את מיקומו בהתאם למסלולו סביב השמש ולתנועת כדור-הארץ. בכל לילה יש לאסוף שלשת תצלומים כדי להבטיח שזהו אמנם אסטרואיד, וכדי לקבל מסלול שמימי מקורב לזה האמיתי. מדידות אלה מאפשרות קביעה מקורבת של מסלול הגוף סביב השמש, שלפיה אפשר לחשב היכן יימצא הגוף שבועות אחדים לאחר מכן – אם כי לא את המסלול המדויק סביב השמש, המאפשר קביעת מיקום בכל מועד שהוא. כדי לקבוע מסלול מדויק יש לערוך עוד תצפיות, במועדים רחוקים ככל האפשר זה מזה.

ב-19 ביוני 2004 הפעילו האסטרונומים האמריקנים רוי טאקר (Tucker), דייוויד תולן (Tholen) ופבריציו ברנרדי (Bernardi) טלסקופ במצפה הכוכבים קיט פיק (Kitt Peak) באריזונה, בחיפוש אחר גופים קרובי-ארץ. בין יתר תגליותיהם באותו לילה היה גוף שזכה מהמרכז לגופים קטנים למספר זמני בלבד, אך לא לשם, כיוון שהוא נצפה במשך שני לילות בלבד (בגלל מזג אוויר גרוע ביתר הלילות). תולן ועמיתיו פנו





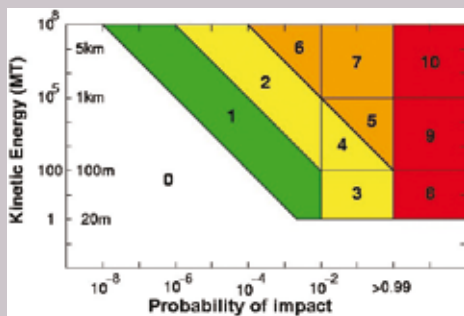
← למחקרים אחרים וזנחו את הגוף שבו צפו במשך שני לילות בלבד. כמחצית השנה לאחר מכן, החל מה-18 בדצמבר ובמהלך חמישה לילות סמוך לחג המולד של 2004, צפו אסטרונומים מאוסטרליה ומשאר העולם בשמיים הדרומיים לעבר אותה מטרה. המרכז לגופים קטנים חיבר את תצפיותיהם לאלה של תולן וחבריו כשהתברר שמדובר באותו הגוף, שזכה אז לכינוי הזמני "2004 MN4". התצפיות במרווח זמן של שישה חודשים אפשרו לראשונה קביעת מסלול ברמת דיוק סבירה. המסלול, והתפתחותו הצפויה במשך השנים, הוזנו למחשבים הפועלים במעבדה להנעה סילונית של נאס"א

← למחקרים אחרים וזנחו את הגוף שבו צפו במשך שני לילות בלבד. כמחצית השנה לאחר מכן, החל מה-18 בדצמבר ובמהלך חמישה לילות סמוך לחג המולד של 2004, צפו אסטרונומים מאוסטרליה ומשאר העולם בשמיים הדרומיים לעבר אותה מטרה. המרכז לגופים קטנים חיבר את תצפיותיהם לאלה של תולן וחבריו כשהתברר שמדובר באותו הגוף, שזכה אז לכינוי הזמני "2004 MN4". התצפיות במרווח זמן של שישה חודשים אפשרו לראשונה קביעת מסלול ברמת דיוק סבירה. המסלול, והתפתחותו הצפויה במשך השנים, הוזנו למחשבים הפועלים במעבדה להנעה סילונית של נאס"א

סולם טורינו

קיימת אפשרות להעריך את הנזק הצפוי מהתנגשות של גוף שמימי בכדור-הארץ. החישוב מבוסס על האנרגיה הקינטית שיש לגוף עקב תנועתו וגודלו, ועל צורת המעבר שלו דרך האטמוספירה עד פגיעתו בפני הקרקע. ככל שהגוף מוצק יותר, כך גדל הסיכוי שישגיע כמעט שלם לקרקע, אף שחלק ממנו יתאדה בעת המעבר באטמוספירה. האידיאל מתרחש כיוון שגופים מהחלל מגיעים לארץ במהירות גבוהה מאוד. המהירות המזערית היא זו של נפילה חופשית ממרחק אינסופי אל הארץ, 11.2 ק"מ לשנייה, השווה גם ל"מהירות הבריחה" מהארץ. אם נפשט את החישוב, המהירות המרבית, 72 ק"מ לשנייה, היא סכום המהירות הגבוהה ביותר שיכולה להיות לגוף השייך למערכת השמש כשהוא נמצא קרוב לכדור-הארץ (42 ק"מ לשנייה; במהירות זו מסלולו של הגוף אקסצנטרי מאוד) ומהירות כדור-הארץ בהקיפו את השמש (30 ק"מ לשנייה). הסיכום הפשוט של שתי המהירויות נכון

אם מסלולי התנועה של הגוף השמימי ושל כדור-הארץ נמצאים באותו מישור ובמגמת תנועה הפוכה, כלומר הגופים נעים זה מול זה - התנגשות חזיתית.



הצגה גרפית של סולם טורינו

כדי לבטא את צירוף הגורמים של סיכויי הפגיעה יחד עם הסכנות הקשורות בפגיעה זו, נוסחו שני סולמות, שבהם דירוג גבוה יותר מהווה סיבה לדאגה רבה יותר. סולם אחד נוסח בעיר טורינו בכינוס מדענים העוסקים בנושא. בסולם טורינו (Torino), דירוג 0 מוענק למטאורים שכלל אינם מגיעים לקרקע ולגופי חלל שאינם מתנגשים עם הארץ. דירוג 2 עד 5 (מסומן בצהוב בתיאור הגרפי של הסולם) ראוי לתשומת לבם של האסטרונומים, מכיוון שהסיכוי לפגיעה עולה על אחוז אחד ועל פי המאפיינים הידועים של הגוף, הפגיעה עלולה לגרום לאסון אזורי. רמת החומרה עולה עד לדירוגים 8 עד 10 (מסומנים באדום), המבטאים פגיעה ודאית; ברמה 10,

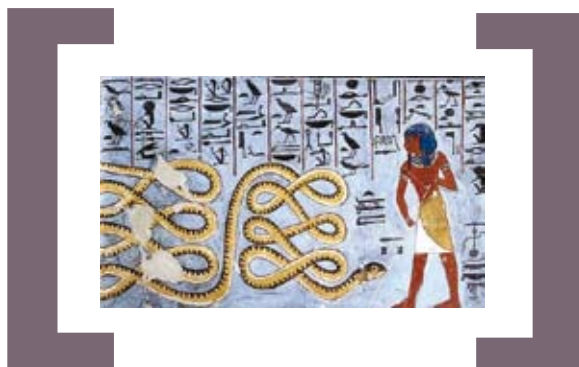
הפגיעה עלולה להביא לסיום התרבות האנושית. פגיעה ברמה 10 מתרחשת ככל הנראה מדי 100,000 שנים. בדרך-כלל, גוף קרוב-ארץ אינו זוכה לדירוג גבוה מ-10. קל להבין את ההתרגשות שאחזה בעולם האסטרונומי כאשר משך ימים מספר, בסוף שנת 2004, הגיע האסטרואיד קרוב-הארץ 2004 MN4 לדירוג 4 המדאיג בסולם טורינו, עם סיכויי התנגשות של אחד מתוך 137! ■



מכתש המטאור באריזונה. מכתש זה נוצר לפני 49,000 שנים עם פגיעת גוף ברדלי שקוטרו היה כ־20 מטר, שנע במהירות דומה לזו של MN4 2004. קוטר המכתש עצמו עולה על ק"מ אחד

780,000 ק"מ, כפליים המרחק לירח. אף על פי כן, לא ניתן היה להוציא מכלל אפשרות סיכוי קטן של פגיעה ממשית. מכיוון שהיה מדובר בגוף שקוטרו הוערך בכ־400 מטר, ומכיוון שמהירותו יחסית לארץ במועד זה אמורה להיות כ־11 ק"מ לשנייה, פגיעה אפשרית היתה גורמת לאסון של ממש – האנרגיה שהיתה משתחררת היתה גדולה פי מאה מזו של הגוף שיצר את "מכתש המטאור" באריזונה.

מכיוון שב־23 בדצמבר העריכו בפיזה את סיכויי הפגיעה ב־1:170, העלו החוקרים את רמת הסיכון על פי סולם טורינו ל־2, הרמה הגבוהה ביותר שאליה הגיע אסטרואידי קרוב־ארץ מאז החל השימוש בסולם סיכונים זה. הדבר פורסם באינטרנט בקרב המומחים, כדי להפנות את תשומת לבם לגוף המאיים. ←



האל אפופיס מתואר בציר מצרי עתיק זה כנחש, שאל אחר שחוט אותו

הקבוע, המוכר על־ידי הקהילה האסטרונומית. בגלל הסיכוי הגבוה (יחסית) לפגיעה בכדור־הארץ, נבחר שם רב־משמעות מהמיתולוגיה המצרית העתיקה: שם האל אפֶפ (Apep), או אפופיס (Apophis) בהגייה היוונית מקובלת כיום, האל האחראי על ההרס והאבדון.

האל אפופיס הפך בימינו לדמות בסרטי מדע בדיוני. בסדרת הטלוויזיה "סטארגייט" הוא המנהיג הרע, המנסה להשתלט על בני־האדם. כמו במיתולוגיה המצרית, אפופיס הוא האויב המושבע של אל השמש, רע (Ra). הוא מופיע לעתים גם בדמות נחש ("הנחש שבלע את השמש" בעת ליקוי חמה מלא).

ואמנם, התמונה לא נראתה מעודדת: כל פגיעה אפשרית של אפופיס בכדור־הארץ היתה גורמת הרס רב, כפי שנראה באיור שלהלן. מאחר שכדור־הארץ מכוסה ברובו במים, היתה סבירות גבוהה שהפגיעה תתרחש דווקא באוקיינוס. דבר זה היה גורם לגלי צונאמי ענקיים, שהיו שוטפים את חופי האוקיינוס שנפגע וגורמים להרס רב בהרבה מזה שגרמה רעידת האדמה בדרום־מזרח אסיה בסוף שנת 2004.

זהו המקום להחמיא לקהילה האסטרונומית החוקרת את העצמים קרובי־הארץ על התנהגותה השקולה בימים הראשונים, שבהם התבררה האפשרות של פגיעה עתידית בכדור־הארץ. כאמור, ב־18 בדצמבר 2004 חוברו התצפיות של תולן וחבריו לאלה שנעשו מאוסטרליה, והתברר ש־MN4 2004 עתיד לעבור קרוב מאוד לכדור־הארץ ב־2029. ב־23 בדצמבר חישה המערכת של אוניברסיטת פיזה, על סמך תצפיות חדשות, שמרחק ההחטאה ב־13 באפריל 2029 יהיה



למחרת הצטרפו תצפיות חדשות למאגר הנתונים. על פי רוב, תיקון המסלול המחושב לפי תצפיות חדשות מראה כי סכנת הפגיעה קטנה מכפי שחשבו מלכתחילה. אלא שהפעם, הנתונים החדשים דווקא העלו את סיכויי הפגיעה ב־2029 ל־1:60. מצב זה חייב העלאה נוספת של רמת טורינו עבור האירוע, לערך של 4.

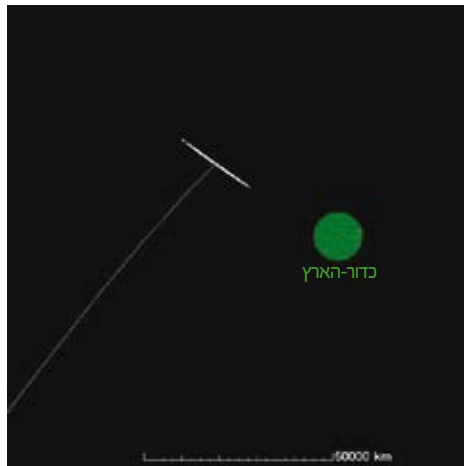
על פי החלטת האיגוד הבינלאומי לאסטרונומיה, מצב זה מחייב את האסטרונומים ליידע את הגורמים הפוליטיים אם ההתנגשות החזויה עומדת להתרחש תוך פחות מעשר שנים. מועד ההתנגשות הצפוי היה גדול, כמובן, מעשר שנים; אף על פי כן, החליט מחבר המאמר להביא את הממצאים לידיעת מנכ"ל סוכנות החלל הישראלית (סל"ה), ד"ר צבי קפלן. סל"ה, במשרד המדע והטכנולוגיה, הוא גוף אזרחי ממשלתי המופקד על פעילות החלל, והנו הגורם המממן את הפעילות של מוקד הידע הלאומי לגופים קטנים. המוקד פועל באוניברסיטת תל־אביב ומפעיל טלסקופ ייעודי במצפה הכוכבים ויז שבמצפה רמון, לגילוי ולמעקב אחר גופים קרובי־ארץ. מחבר מאמר זה מנהל את מוקד הידע, המהווה גוף מייעץ לממשלת ישראל בנושא NEOs. בעצת המחבר, החליט ד"ר קפלן שלא להעביר בשלב זה את המידע הלאה לממשלה, בגלל הזמן הרב עד לפגיעה האפשרית ועקב ההערכה שסבירות ההתנגשות תקטן בהמשך המעקב. הוחלט להמתין ימים אחדים למעקב אחר רמת האיום, תוך ביצוע

מדידות רבות ככל האפשר ממצפה רמון. באותו יום, ה־24 בדצמבר, גילה העיתונאי רוב בריט (Britt), הכותב באתר space.com, את המידע (שלא היה חסוי, אלא היה נגיש באינטרנט) ופרסם אותו. הוא גם שם לב שסיכויי הפגיעה של MN4 2004 בכדור־הארץ עלו ועמדו במועד זה על 1:45. בריט אף ציין, שקיים סיכוי סביר שתצפיות חדשות יגרמו לשינוי נוסף במסלול המשווער, שיראה כי הסכנה היא למעשה קטנה יותר. ב־27 בדצמבר, עם הצטברותן של תצפיות חדשות, שבו ועלו סיכויי הפגיעה, והגיעו ל־1:37!
ב־26 בדצמבר התרחשה רעידת האדמה הקטלנית בדרום־מזרח אסיה, ועמה גל הצונאמי ששטף חופים רבים וגרם למאות אלפי קרבנות. תשומת הלב העיתונאית התמקדה באסון הנוכחי והמייד, והעיתונות לא הקדישה תשומת לב ל־MN4 2004, שנראה כמו סכנה לדורות הבאים. האסטרונומים, לעומת זאת, המשיכו לצפות ולדווח על מיקום הגוף החדש, וגם חיפשו במאגרי מידע תצפיות שנעשו בעבר שבהן עשוי הגוף להופיע. ב־27 בדצמבר העלו חיפושים אלה תוצאות: האסטרונומים ג'פרי לרסן (Larsen) ואן דסקור (Descour) מפרויקט ספייסוויץ' (Spacewatch) האמריקני, שיעודו גילוי אסטרואידים קרובי־ארץ, מצאו במאגרי המידע שלהם תמונות של MN4 2004 שצולמו שלושה חודשים לפני הגילוי של תולן ועמיתיו. ממצא זה אפשר שיפור משמעותי של

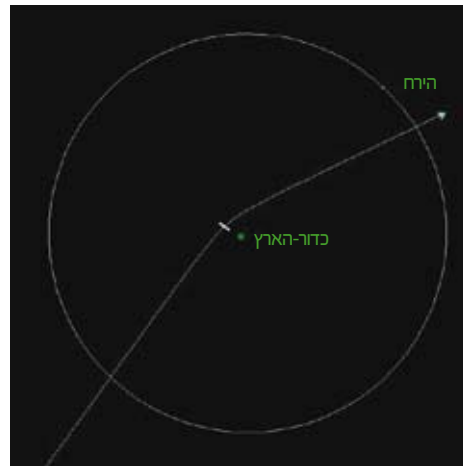
אפופיס - מידע עדכני

כדי להעריך את הנזק הצפוי מפגיעתו של אסטרואיד קרוב־ארץ בכדור־הארץ, חשוב לדעת כמה פרטים על הגוף הפוגע האפשרי. הפרט החשוב ביותר הוא אם אמנם תתרחש פגיעה, אך גם המהירות היחסית בין הגוף לבין הארץ בעת המפגש חשובה. כמו כן, צריך לדעת מהי מסת האסטרואיד, מהו מרקמו הפנימי ומה צורתו. מדידת המסה אפשרית רק אם ניתן להגיע קרוב לאסטרואיד בחללית שניתן לעקוב אחריה בדייקנות, או אם לאסטרואיד יש במקרה בן־זוג קרוב. מסתיות קלות במסלולה של חללית החולפת קרוב לאסטרואיד, בגלל כוח המשיכה שלו, ניתן להעריך את מסתו. אם לא קיימת אפשרות לחלוף קרוב לאסטרואיד, והוא אינו חבר במערכת כפולה של שני אסטרואידים, דרך אחרת היא לחשב את גודלו החיצוני על־ידי מדידות מכדור־הארץ, להניח ערך מסוים לגבי צפיפותו, וכך לאמוד את המסה בקירוב טוב למדי.

אשר לאפופיס, מדידות המסה העדכניות מבוססות על גודל פיזי ועל הנחה לגבי צפיפותו. נראה שמדובר בגוף שאורך צירו הארוך כ־320 מטרים, ולכן מסתו היא כנראה כ־ 46×10^{10} kg). בשלב זה אין מידע על צורתו המדויקת או על מרקמו הפנימי. בכל פגיעה אפשרית, המהירות היחסית בין אפופיס לארץ תהיה כ־12.6 ק"מ לשנייה. מבחינת הסיווג של אסטרואידים



השינוי במסלול אפופיס כתוצאה מהמעבר הקרוב לכדור-הארץ ב־2029. אי-הוודאות במסלול מסומנת בפס הלבן הניצב למסלול האסטרואיד



המעבר הקרוב של אפופיס ליד כדור-הארץ, ב־13 באפריל 2029, יהיה במרחק של 36,350 ק"מ, מעט מעל ללוויינים הגאו־סינכרוניים. הקו הלבן מסמן את השגיאה האפשרית בחישוב מרחק המעבר



והמרחק המזערי מכדור-הארץ עומד כיום על 36,350 ק"מ. קהילת האסטרונומים פעלה במקרה זה בדיוק על פי הכללים שקבעה לעצמה, והאסטרונומים לא יצאו בהודעות דרמטיות לעיתונות. הודעות כאלה עלולות לזרוע פחד ובהלה המונית. ההמתנה השתלמה, ואפשר היה לשחרר "צפירת הרגעה" לאחר הודעתו של יומנס.

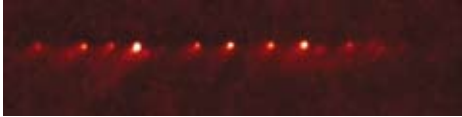


חישוב המסלול, עד כדי כך שדון יומנס (Yeomans) מהמרכז ב-JPL היה יכול להודיע שסיכויי הפגיעה ב־2029 ירדו לאפס, ושבמעבר זה יחלוף גרם השמיים במרחק של 60,000 ק"מ מכדור-הארץ. גודל המסלול המחושב סביב השמש השתנה מאז בעקבות מדידות נוספות, הן באמצעים אופטיים והן על-ידי מכ"ם, כאשר האסטרואיד חלף קרוב לכדור-הארץ,

קרובי-ארץ, אפופיס שייך למשפחת גופי "אטן" (Aten, על שם האסטרואיד שהנו אב־טיפוס למשפחה). אסטרואידים אלה מקיפים את השמש במסלולים אליפטיים, כאשר רוב הזמן האסטרואיד נמצא פנימה ממסלול כדור-הארץ. מסלולי הארץ והאסטרואיד נחתכים פעמיים: כאשר האסטרואיד מתרחק מהשמש וכאשר הוא מתקרב אליה שוב. כיוון שגופי אטן נמצאים לרוב פנימית מהארץ יחסית לשמש, לרוב הם נראים מהארץ בקרבת השמש, סמוך לשקיעתה או לפני זריחתה, ורק לעתים רחוקות ניתן לראות אותם רחוק מהשמש, קרוב לחצות הליל. עקב כך, משך הזמן שניתן לצפות בהם כאשר שוררת חשכה הוא קצר.

כאן המקום להדגיש כי סוג האסטרואידים קרובי-ארץ "אטן" מאופיין גם במרחקו הממוצע של האסטרואיד מהשמש; זהו מרחק קטן מהמרחק הממוצע של הארץ מהשמש ("היחידה האסטרונומית"), אם כי המסלול האליפטי גורם לפעמים לאסטרואיד להתרחק מהשמש יותר מכדור-הארץ. בעקבות המעבר ליד כדור-הארץ ב־2029, ושינוי המסלול של אפופיס שייגרם במועד זה, יגדל המרחק הממוצע מהשמש. ■





תמונה של שברי גרעינו של כוכב השביט שומקר-לוי 9, שנקרע ל־22 גרעיני משנה בגלל כוח המשיכה של כוכב־הלכת צדק

לעבור דרך "חור המנעול" - הבעיה מסתבכת

בחשוב סיכויי הפגיעה נלקחת בחשבון האפשרות שטעויות המדידה, אף שהן זעירות, עלולות להשפיע על חישוב המסלול העתידי של הגוף. לפיכך המסלול העתידי אינו מתואר כקו ברור ומוגדר היטב, אלא כסדרת קווים אפשריים המקנה "עובי" של אי־ודאות למסלול. העובי מתייחס למיקום הגוף ברגע מסוים ויש לו קיום תלת־ממדי: סביב הנקודה החזויה ניתן לשרטט חלל תלת־ממדי שבו הגוף יכול להימצא באותו רגע, כאשר לכל נקודה בנפח זה יש סיכוי מסוים שהגוף יימצא בה. נקודות הנמצאות בתוך המעטפת של כדור־הארץ מציינות אפשרויות של פגיעה.

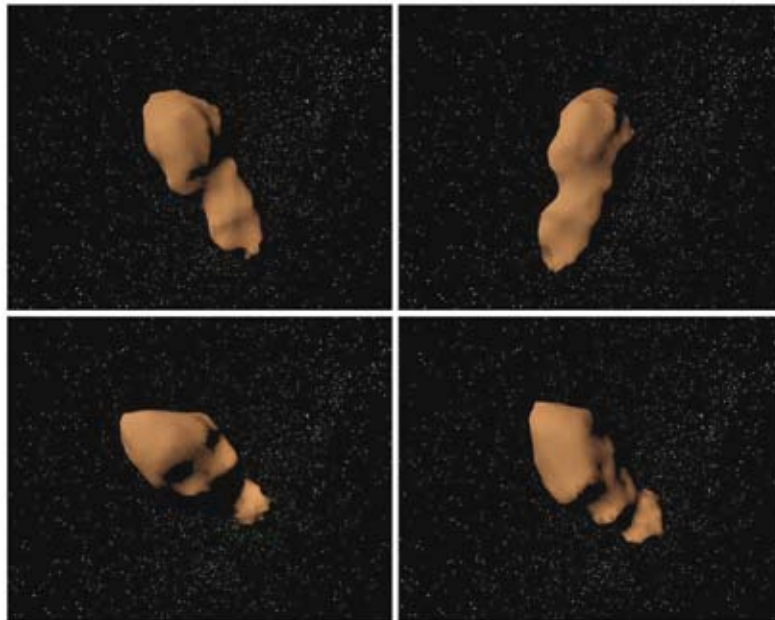
אלא שהבעיה מסתבכת: כאשר יחלוף MN4 2004 בקרבת כדור־הארץ ב־2029, יפעלו עליו כוחות משיכה חזקים, הן של הארץ והן (במידה פחותה יותר) של הירח. כוחות משיכה אלה ישנו הן את המסלול והן את המבנה הפנימי של הגוף, אם אין הוא גוש סלע מוצק בעל חוזק עצמי רב. השינוי הצפוי במסלול יהיה חריף: סטייה של כ־30 מעלות מהמסלול שבו נע הגוף לפני ההתקרבות לארץ. בגלל הקרבה הרבה לארץ, לשינויים קלים בגאומטריית המעבר השפעה גדולה על מסלולו העתידי של הגוף. בפרט, השינוי במסלול יכול לכלול מעבר דרך פיסות שמיים זעירות, שאורך צלען פחות מ־600 מטרים, אך מיקומן בנפח שדרכו יעבור אפופיס הוא "אסטרטגי" ביותר. אם יעבור אפופיס באזורים אלה, הסטת המסלול תביא להתנגשות כמעט ודאית בכדור־הארץ בשנת 2034, 2035, או במועד מאוחר יותר, משום שמשך ההקפה של אפופיס סביב השמש יהפוך לכפולה של שבר פשוט (רציונלי) של השנה הארצית (למשל, שש הקפות של אפופיס יימשכו שבע שנים, לכן כל שבע שנים שני הגופים יהיו זה ליד זה). פיסת שמיים זעירה כזו מכונה "חור מנעול", וכרגע אין דרך לוודא שהאסטרואיד קרוב־הארץ אפופיס לא יעבור דרכה וישנה את מסלולו באופן כה מאיים.

אחת האפשרויות לגורל האסטרואיד דומה לזו שנצפתה במקרה של השביט שומקר־לוי 9 (Shoemaker-Levy 9), שחלף קרוב לכוכב־הלכת צדק: כוח המשיכה פעל בעוצמה גבוהה יותר על צד השביט הקרוב לצדק מאשר על הצד הרחוק. הפרש זה בעוצמת כוחות המשיכה פעל על גרעין השביט כאילו גורם חיצוני "מתח" אותו על־ידי משיכה בשני קצותיו: הצד הקרוב לצדק והצד הרחוק ממנו. המשיכה החזקה, המכונה "כוח גאות", גרמה לגרעינו של שומקר־לוי 9 להתפרק ל־22 חלקים, כל אחד בקוטר של כמה מאות מטרים עד ק"מ, שנפלו

מאוחר יותר לתוך האטמוספירה של צדק. כוח הגאות של כוכב־לכת יכול, בתנאים מסוימים, לגבור על חוזקו הפנימי של גוף שמימי קרוב. מחישובים שנעשו כדי להבין את המנגנון שפירק את הגרעין של SL9 לרסיסים כה רבים, התברר שיש להניח שמדובר בגוף שחוזקו הפנימי מועט. החוזק העצמי הוא הקשר בין החלקים הקטנים ביותר של הגוף, גרגרים וחלקיקי אבק, קרח של מים וחומרים קפואים אחרים, ועוד. בגוף ארצי מוצק, החוזק העצמי נובע מהקשרים שבין החלקיקים המרכיבים אותו, הנמצאים קרוב זה לזה. כדי שיתפרק כפי שנצפה, החוזק העצמי של גרעינו של השביט SL9 היה צריך להיות רק עשירית המיליונית מהחוזק העצמי של סלע רגיל על כדור־הארץ. גם צפיפות החומר היתה חייבת להיות נמוכה: כשליש גרם לסמ"ק. מדובר, אם כן, בחומר שחוזקו דומה לצמר־גפן.

אין לנו כיום עדות לכך שאפופיס דומה מבחינת המרקם הפנימי לגרעינו של SL9, אך אין לנו גם סיבה של ממש לחשוב אחרת. העדות הישירה היחידה לגבי החוזק הפנימי של גופים שביטיים מקורה בניסוי ההתנגשות בין תת־החללית של מבצע המחקר "פגיעה עמוקה" (Deep Impact) והגרעין של כוכב השביט טמפל־1. ההתנגשות אירעה ב־4 ביולי 2005. מן הממצאים התברר שמרקמו הפנימי של הגרעין של טמפל־1 חלש ביותר. החומר עד לעומק של כמה עשרות מטרים מתחת לפני השטח הוא גרגרי ורופף מאוד. כל זה התברר מניתוח צילומים של סילון האבק שנפלט לאחר הפגיעה. צריך לזכור שלגבי SL9 ולגבי טמפל־1 מדובר בגרעינים של שביטים, וייתכן שאפופיס אינו כזה. מכל מקום, ברור שאחת המשימות החשובות בשלב זה היא למפות במדויק את מסלולו של האסטרואיד בחלל, כדי לוודא אם הוא עלול להתנגש בכדור־הארץ, אם לאו. אם התשובה לכך היא "כן", יהיה עלינו לחקור אותו בצורה יסודית.

"מפת" מכ"ם של
האסטרואיד קחב-הארץ
טוטאטיס (Toutatis)



למפות היטב את מסלולו של אסטרואיד

המדידות בעזרת המכ"ם הפלנטרי, שנערכו כאשר אפופיס חלף בקרבת כדור-הארץ בסוף ינואר וב-7 באוגוסט 2005, הסירו לחלוטין את איום ההתנגשות ב-2029 (וגם של התנגשות אפשרית ב-2035), אך עדיין לא הצליחו לבטל את האפשרות של מעבר דרך "חור המנעול" עם התנגשות אפשרית ב-2036. כיוון שאפופיס מקיף את השמש מדי 323 ימים וחוצה את מסלולה של הארץ פעמיים בכל הקפה, ייתכן שיפגע בכדור-הארץ גם בעתיד רחוק יותר.

שיפור משמעותי בידיעת המסלול של אפופיס יכול לבוא מניתוח הופעותיו בעבר הרחוק יותר, אם ימצאו תצלומים ישנים נוספים שבהם הוא מופיע; מביצוע תצפיות מכ"ם נוספות, שיהיו אפשריות ב-2013; או משיגור חללית למפגש עמו בשנים הקרובות. אפשרות אחרונה זו הועלתה על-ידי נאס"א והממשל האמריקני הן כהזדמנות ללמוד הרבה יותר על מסלולו של אפופיס, והן כדרך לחקור את המתרחש באסטרואיד כאשר פועלים עליו כוחות גאות חזקים.

חברי האגודה B612 (כשמו של האסטרואיד שעליו חי הנסיך הקטן בספרו של אנטואן דה סנט-אקזיפרי בשם זה) הציעו להטיס לעבר אפופיס חללית מחקר, שתנחית עליו מכשירי

מדידה וכן "משואת רדיו" שתאפשר קבלת נתונים מדויקים ביותר על מיקומו של האסטרואיד ומהירותו. בעזרתם ניתן יהיה לדעת בוודאות אם ב-2036 תתרחש התנגשות, אם לאו. משואות רדיו ומשיבי מכ"ם (משיבי מכ"ם, transponder, הוא מכשיר שעם קליטת אות מכ"ם, הוא משדר אות מכ"ם בחזרה) פועלים באופן שגרתי על גבי כלים ארציים שיש לדעת את מיקומם המדויק, כגון מטוסים. נוסף על כך, ציוד מדעי אחר שיונחת על האסטרואיד ימדוד את "רעידות האדמה" שיתרחשו באפופיס לכשיחלוף ליד כדור-הארץ. זו תהיה דרך מצוינת ללמוד על המבנה הפנימי של אסטרואיד קרוב-ארץ מבלי לחפור עד למרכזו ומבלי לפוצץ עליו מטעני נפץ, כפי שהגאולוגים עושים כדי ללמוד על פנים כדור-הארץ.

ומה אם יתברר שאפופיס אמנם עומד להתנגש בנו?

כתושבי כדור-הארץ, אנו מעוניינים לצמצם ככל האפשר את הסכנות לעצמנו ולדורות הבאים. לכן השאלה המתבקשת היא, מה עומד המין האנושי לעשות אם אמנם יתברר שב-2036 אפופיס עומד להתנגש בארץ. השאלה נכונה לא רק לגבי אפופיס, אלא לגבי כל אסטרואיד או שביט מאיים אחר. ←



גוררת חלל

להסדת אסטרואיד ממסלול פגיעה, לפחות בצורה עקרונית. פתרונות יצירתיים יותר ו"מתפוצצים" פחות הוצעו אף הם. אחד גרס שניתן להנחית על פני האסטרואיד חללית שתכיל מנוע יוני חזק ומתקן להפקת דלק עבור מנוע זה. המנוע היוני פועל על-ידי האצה חשמלית של יונים (חלקיקים טעונים בחשמל). ההאצה החשמלית נעשית באמצעות שדה חשמלי, שיכול להביא את החומר למהירויות של מאות ק"מ לשנייה (בהשוואה לקילומטרים אחדים לשנייה עבור מנועים רקטיים הצורכים דלקים כימיים). ואולם, הדחף הכולל של מנועים יוניים הוא נמוך בסדרי גודל רבים מזה של מנועים כימיים. כדי להשיג תוצאה משמעותית, על מנוע יוני לפעול במשך זמן רב, ולכן, כדי להסיט אסטרואיד ממסלול פגיעה, נדרשת פעולה במשך חודשים רבים ואף שנים.

אף שהאפשרות להנחית בית-חרושת קטן על פני האסטרואיד נראית קשה, היא אינה בלתי אפשרית. גם במקרה זה, המגבלה יכולה לנבוע מהמרקם של האסטרואיד: אם המרקם רופף ביותר, כפי שחוששים, בית-החרושת לדלק והמנוע עצמו עלולים לשקוע ולהיבלע במעמקי האסטרואיד, ולא להישאר צמודים לפניו, תוך יצירת דחף להסדתו ממסלול פגיעה. ניתוח המצבים השונים הביא לתוצאה מאכזבת: אף אם נדע שאסון מהחלל עומד להתרחש, אין לנו דרך להתגונן מפניו. כאן נכנסה לתמונה "גוררת החלל", המבצעת את פעולת ההסטה מבלי לגעת כלל באסטרואיד.

גוררת החלל

את האפשרות הזאת, של הסדת אסטרואיד ממסלולו ללא מגע ישיר בין הגורם המסיט לבין האסטרואיד, הציעו בשנת 2005 שני אסטרונוטים של נאס"א, אדוורד לי (Lee) וסטנלי

← אחד הפתרונות שהוצע בעבר הונצח בסרטי המדע הבדיוני שהזכרנו, "ארמגדון" ו"פגיעה עמוקה": שיגור חללית עמוסת פצצות גרעין, שתפורר את האסטרואיד המאיים לרסיסים. מהתיאורים שהובאו למעלה לגבי טבע האסטרואידים קרובי-הארץ וגרעיני השביטים, ברור שאפשרות זו של פיצוץ גרעיני אינה רצויה, כיוון שלא ידוע מהו מרקמו הפנימי של הגוף. אם זהו רק גל אבנים חסר חוזק עצמי, פיצוץ קרוב או על פני הגוף עלול לגרום לו להתחלק לכמה גופי משנה, שחלקם לפחות יפגעו בכדור-הארץ; והתוצאה המשולבת של כמה פגיעות גדולות עלולה להיות גרועה מזו של פגיעה בודדת אחת. אפשרות אחרת, שהופיעה אף היא בספרות, היא ביצוע הפיצוץ הגרעיני במרחק-מה מהאסטרואיד, כך שרק השפעת הקרינה הרבה שתשתחרר בפיצוץ תשמש להסדת האסטרואיד. אם אמנם מדובר בגוף שחוזקו העצמי קטן, גם פתרון זה צריך להיות פסול, ומאותה סיבה.

אולי ניתן להסיט אסטרואיד ממסלולו, ולמנוע בכך פגיעה קטלנית, אם רק נצליח לפגוע בו בעזרת גוף מסיבי. הדוגמה הטובה ביותר לכך היא הפגיעה של תת-החללית במבצע "פגיעה עמוקה" בגרעין השביט טמפל-1. הפגיעה התרחשה ב-4 ביולי 2005, כאשר הוצבה תת-החללית לפני הגרעין וזה התנגש בה במהירות יחסית של כ-10 ק"מ לשנייה. ההתנגשות בין שני הגופים היתה התנגשות פלסטית, במובן הפיזיקלי. תת-החללית וגרעין השביט יצרו גוף אחד לאחר הפגיעה. התנגשות בין גוף כמו תת-החללית של "פגיעה עמוקה" לבין גרעין של שביט, המכיל פי 1,000 יותר חומר מאשר יש באפופיס, תשנה את מהירותו של גרעין השביט ב-0.08 מ"מ לשנייה. שינוי זה במהירותו של גרעין השביט עשוי לשנות במקצת את מסלולו, כך שהשיטה יכולה אף היא לשמש

לאב (Love), שניהם חברים באגודת B612. ההצעה מתבססת על כוח הכבידה. תאוצת הכובד נובעת מחוק הכבידה העולמי: בין כל שני גופים פועל כוח, שגודלו יחסי למסה של כל אחד מהגופים וחוזקו יורד עם ריבוע המרחק שבין הגופים. נניח שמצליחים להציב חללית, שמסתה 20 טונות ורדיוסה 10 מטרים, במרחק של 20 מטרים מפני אפופיס. ברור שאפופיס ימשוך אליו את ספינת החלל: ניתן אף לחשב את כוח המשיכה אם נניח לשם פשטות שצורת שני הגופים היא כדורית. מאחר שהרדיוס המשווער של אפופיס הוא 160 מטרים, מסת החללית 20,000 ק"ג וזו של אפופיס 46 מיליארד ק"ג, ניתן לחשב את גודלו של כוח המשיכה בין שני הגופים מהצבה במשוואת הכבידה. הכוח המחושב בין החללית לבין אפופיס יהיה רק 1.7 ניוטון, כוח קטן לכל הדעות – בערך כמו הלחץ שמפעילה כוס מים על היד האוחזת בה.

אם החללית תגיע לסביבת האסטרואיד ותדומם שם את מנועיה, כוח המשיכה ההדדי יגרום לה ליפול באטיות אל פני אפופיס. אך אם היא תפעיל מנוע חלש יחסית, שיקנה לה כוח דחף של 1.7 ניוטון, זה יספיק כדי למנוע את נפילתה לעבר האסטרואיד. מנקודת מבטו של צופה דמיוני הנמצא על פני האסטרואיד, החללית תיראה כאילו היא מרחפת מעל האסטרואיד ושומרת על מרחק קבוע מפניו. כוח זעום זה יפעל, למעשה, הן על החללית והן על האסטרואיד, המהווים גוף אחד בעל מסה שהיא סכום שתי המסות, ויקנה לגוף המורכב תאוצה קטנה.

אחת החולשות של רעיון "גוררת החלל" היא הדרישה למשך פעולה ארוך של המנוע. לאחר יממה של הפעלתו, המהירות של האסטרואיד ושל החללית (הנעים יחד בחלל, כאמור) תשתנה ברבע אלפית של ס"מ לשנייה. לאחר שנה שלמה של פעולה, השינוי במהירות יהיה כבר יותר ממילימטר לשנייה. פירוש הדבר הוא שלאחר שנה, האסטרואיד יימצא במרחק של יותר מ-180 מטרים מהמקום שבו היה אמור להיות לולא הופעל מנוע החללית. כדי לפספס את "חור המנועול" שהוזכר קודם, יש להפעיל את מנוע החללית המשמשת כגוררת חלל משך כארבע שנים.

באותה שיטה ניתן להסיט ממסלולו גם אסטרואיד גדול יותר, העלול להתנגש בכדור-הארץ, על-ידי הצבה בקרבתו של חללית כבדה יותר (שכוח המשיכה בינה לבין האסטרואיד גדול יותר), שתפעיל מנועים חזקים יותר למשך זמן ארוך יותר. כדי להסיט אסטרואיד ממסלול פגיעה בכדור-הארץ יש להקנות לו היסט לאורך המסלול, הגדול יותר מרדיוס כדור-הארץ; הדבר נראה קשה, אך אפשרי עקרונית, והבעיה הופכת לשאלה של הקצבת משאבים למבצע הסטה מסוג זה.

נאמר קודם שהמנועים הדרושים לפעולה זו הם מנועים יוניים, הפולטים זרם של חלקיקים טעונים הנעים במהירות גבוהה אחר שהואצו בשדה חשמלי. מנועים מסוג זה קיימים, אם כי אינם מספקים רמות דחף גבוהות ביותר. הם נוסו בהצלחה בטיסות חלל, ובמקרים אחדים פעלו משך מאות ימים. התקנת מנועים יוניים בחללית שתשמש גוררת חלל צריכה להתבצע כך שדחף המנועים לא יפגע בפני האסטרואיד (כי אז האסטרואיד יידחף הלאה מהחללית, וכל שיטת הגרירה לא תפעל). לשם כך יש להתקין את המנועים כך שהסילוונים יופנו "הצדה" מהאסטרואיד; גם דבר זה אפשרי, אך ידרוש הגדלה מסוימת של הדחף של כל מנוע, כיוון שרק חלק ממנו ישמש להדיפת החללית מהאסטרואיד.





הצעת "גוררת החלל" הכבידתית פותרת אחת מהבעיות הקשות הכרוכות בהסטת אסטרואיד ממסלולו ומאפשרת למנוע אסון בקנה מידה אזורי, העלול להתרחש עקב פגיעה של גוף קטן, שגודלו כמה מאות מטרים, בכדור-הארץ. השיטה כפי שתוארה ניתנת לשינוי אם מדובר בגוף גדול ומסיבי הרבה יותר, כגון האסטרואיד שהביא להכחדת הדינוזאורים. זה היה גוף שקוטרו כ-10 ק"מ והמסה שלו גדולה פי 27,000 מזו של אפופיס. כדי להזיז אסטרואיד כזה די הצורך למניעת התנגשות יש צורך בחללית כבדה הרבה יותר, שתימצא קרוב לאסטרואיד ותפעיל מנועים חזקים יותר ולמשך זמן רב יותר. הבעיה במקרה זה היא משך הזמן העומד לרשות האנושות מרגע גילוי העובדה שאסטרואיד קטלני עומד לפגוע בכדור-הארץ, ועד למועד הפגיעה החזוי. משך זמן זה יש לנצל ללימוד האסטרואיד הפוגע, לבניית כלי ההסטה, ולהפעלתו בחלל ליד האסטרואיד להשגת ההסטה הדרושה.

כאמור, העיקרון הבסיסי של "גוררת חלל" הוא פעולה של כוח משיכה בין החללית לבין האסטרואיד. כדי למנוע נפילה של החללית אל האסטרואיד, יש להפעיל מנועים שיספקו דחף זהה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח המשיכה בין שני הגופים. כוח הדחף של מנועי החללית הוא זה שגורם להסטת האסטרואיד (והחללית) ממסלול התנגשות עם הארץ. ככל שכוח המשיכה בין האסטרואיד לבין החללית גדול יותר, כך הדחף הדרוש גדול יותר, ולכן תהליך ההסטה יעיל יותר. מכאן שרצוי להציב חללית בעלת מסה גדולה ככל האפשר, כי כוח המשיכה בינה לבין האסטרואיד יהיה גדול יותר. הבעיה היא שהטסה לחלל של מסות גדולות מפני כדור-הארץ היא תהליך יקר במונחי אנרגיה וממון, ופשוט יותר להפיק את רוב המסה של החללית "במקום", מתוך חומר האסטרואיד שיש להסיט מהמסלול. אם קרוב לפני השטח של האסטרואיד נמצאות מולקולות של מים – בצורת קרח המדביק את גרגרי האבק ואבני החצץ זה

לזה, או בצורת מולקולות מים הספוחות לחומרים אחרים – חימום החומר בקרינת שמש מרוכזת יגרום לפליטת אדי מים. אלה יכולים לקפוא חזרה בתוך גוף החללית, וכך לבנות את המסה הגדולה הדרושה להסטה ממסלול התנגשות.

מסקנות והרהורים על גורל האנושות

הסטטיסטיקה של הפגיעות הגדולות בכדור-הארץ מראה שפגיעות קטלניות בקנה מידה עולמי מתרחשות מדי כמאה מיליוני שנים (האחרונה שבהן הכחידה את הדינוזאורים לפני 65 מיליוני שנים). אם מתייחסים לפגיעות קטנות יותר, שאינן מביאות להכחדת רוב צורות החיים עלי אדמות אלא "רק" לאסון בקנה מידה אזורי, עם עשרות או מאות מיליוני נפגעים, הסיכויים לפגיעה במועד קרוב עולים בהרבה. קברניטי המדינות המתועשות החלו לנקוט צעדים ללימוד הבעיה של פגיעות קטלניות, ובמיוחד בארצות-הברית מתנהל מחקר למיפוי הגופים הפוגעים וללימוד טבעם. בישראל, המהווה "מטרה זעירה" עבור פגיעה טבעית מהחלל, נוקטים סוכנות החלל הישראלית ומשרד המדע והטכנולוגיה צעדים דומים, ומופעל מוקד ידע לאומי לנושא הגופים קרובי-הארץ העלולים לאיים עליה. המיפוי העולמי מתקרב כעת ליעד של הכרת 90% מאוכלוסיית הגופים המאיימים שגודלם עולה על ק"מ אחד. בשנים הקרובות עומדים להיכנס לפעולה טלסקופים נוספים, גדולים יותר, למיפוי אוכלוסיית הגופים הקטנים עוד יותר, עד לגודל של 300 מטרים.

תכנית המיפוי הביאה לגילוי של הגוף הקטן אפופיס, רק 320 מטרים קוטר, העלול להתנגש בכדור-הארץ בשנת 2036 או אחריה. תוך כדי לימוד טבע הגוף, המדענים דנים גם בשיטות להרחקתו מהארץ ובכך לצמצום הסכנה ממנו. הדברים מלמדים על בגרות מסוימת של המין האנושי, המסוגל כיום גם להתמודד עם חלק מהמכות הניתכות מהשמיים. ■

נח ברוש קיבל את תוארי "בוגר אוניברסיטה" ו"מוסמך למדעים" מאוניברסיטת תל-אביב בתחום הפיזיקה. התמחותו בתואר השני היתה באסטרונומיה של כוכבים. את לימודי הדוקטורט השלים באוניברסיטת לידן בהולנד, שם חקר גלקסיות מבודדות. מאז 1983 הוא נמנה עם סגל מצפה הכוכבים על שם וייז של אוניברסיטת תל-אביב, ועמית מחקר בבית-הספר לפיזיקה ולאסטרונומיה של האוניברסיטה. מאז שנת 2000 משמש כמנהל מצפה הכוכבים. נח ברוש הוא החוקר הראשי של טלסקופ החלל הישראלי TAUVEX, שישוגר לחלל ב-2007. מלבד יותר ממאה מאמרים מדעיים וכמספר הזה של הרצאות בכנסים בינלאומיים, הוא כותב טור למדע פופולרי ב"מעריב" ותורם מאמרים ל"גליליאו".

ביום רביעי ה-26 ביולי, בשעות 19:00-22:00, יתאר ד"ר נח ברוש בפורום "גליליאו" וישמח לענות על שאלותיכם. המעוניינים מוזמנים לאתר "גליליאו": www.sbc.co.il/galileo

