

רקע למורה

נושא השיעור:

איום אסטרואידים ושבויים

משך לאן -
120 דקות



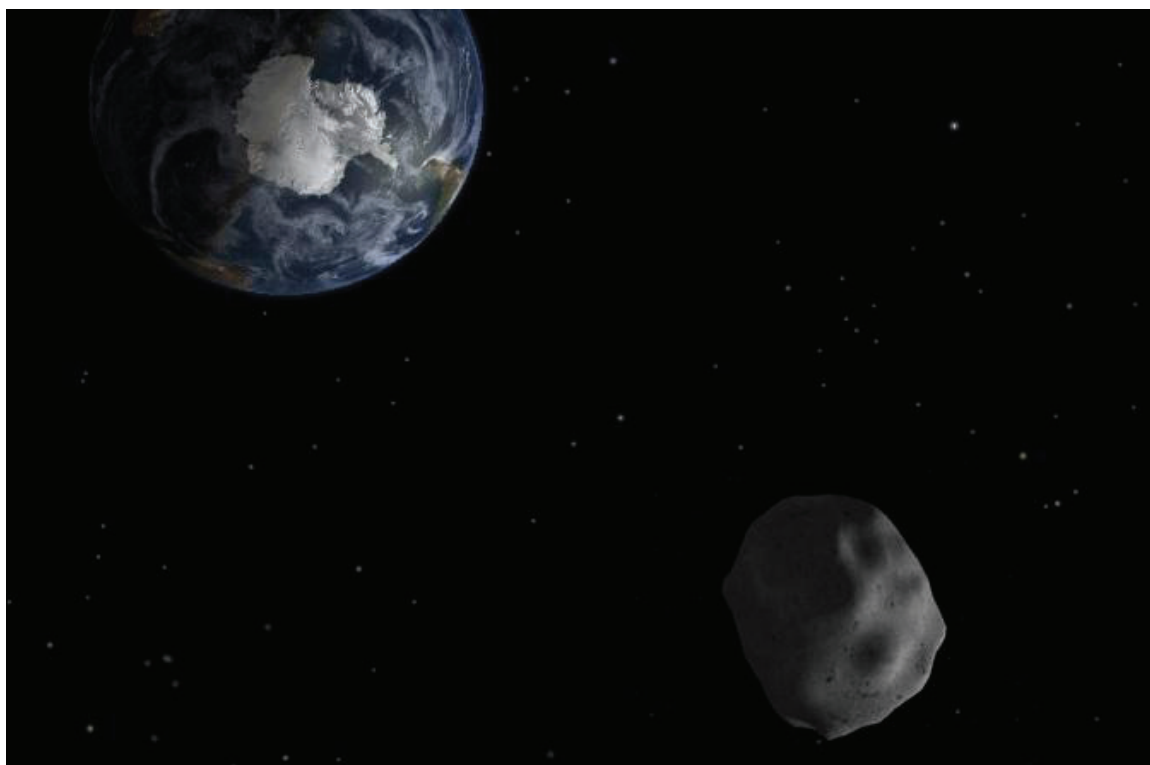
גיל התלמידים -
כיתה ל'-ט'



מספר תלמידים -
30-20



הפעילות אינה דורשת ידע מוקדם ואפשרית כפעילות חד פעמית.



איור של אסטרואיד מתקרב לכדור הארץ | אילוסטרציה: NASA/JPL

מטרות

1. התלמידים יכירו את עולם האסטרואידים והשביטים בדגש על איום פגיעה בכדור הארץ.
2. התלמידים יקבלו מושג בסיסי על דרכי ושלבי ההתמודדות עם איום אסטרואיד.
3. התלמידים יערכו דיון על השלכות פגיעת אסטרואיד בהיבטים גלובליים.

המשימה

הנכם חלק מצוות מדענים מסוכנות החלל הישראלית, שנבחר על ידי האו"ם להציל את כדור הארץ מאסטרואיד בקוטר 110 מטר אשר יפגע באוקיינוס השקט ליד חופי יפן בעוד שנתיים. פגיעה של אסטרואיד שכזה באוקיינוס תגרום לתופעה דומה הנגרמת כתוצאה מרעידת אדמה רק בקנה מידה גדול יותר. לפי החישובים, האסטרואיד יגרור גלי צונמי אדירים שיסכנו את תושבי יפן. עליכם ללמוד את ההיבטים השונים הנוגעים באיתור אסטרואידים וההתמודדות איתם, ולמצוא פתרונות יצירתיים.

חשוב להדגיש: זו כמובן הדמיה ונכון להיום אין מידע על אסטרואיד שעומד לפגוע בכדור הארץ.

NEO גופים קרובי ארץ

אסטרואידים הם גופים קטנים יחסית, שגודלם החל מעשרה מטרים ועד מאות קילומטרים. האסטרואיד הראשון התגלה בשנת 1801 על ידי ג'וספה פיאצי ונקרא קרס. אך כיוון שקוטרו כ-950 ק"מ בקירוב, כיום קרס מסווג ככוכב לכת ננסי. הרוב המכריע של האסטרואידים מצוי בין מאדים לצדק בחגורת האסטרואידים, הרחק מכדור הארץ. האסטרואידים נבדלים זה מזה בגודלם ובהרכבם: יש המכילים בעיקר סלעים, יש המכילים ברזל ויש המכילים תרכובות אורגניות ופחמן.

בשל כוחות כבידה של כוכבי הלכת והתנגשויות בינם לבין עצמם בעת היווצרות מערכת השמש, אסטרואידים הועפו מחוץ למערכת השמש או פנימה. אלה שהועפו פנימה עלולים לחוג סביב השמש במסלולים שמצויים בקרבה רבה למסלול כדור הארץ. אסטרואידים אלה קרויים גופים קרובי ארץ, ובאנגלית: NEO – Near Earth Objects. מדי כמה ימים מתקרבים אסטרואידים כאלה לכדור הארץ וחולפים מיליוני ק"מ ממנו - מרחק קטן במונחים קוסמיים. לעתים יש כאלה החולפים קרוב יותר ופעם בעשרות שנים, אסטרואידים בגודל של כמה עשרות מטרים פוגעים בנו.

סוג נוסף של גופים שמסלולם סביב השמש מקרב אותם לכדור הארץ הם השביטים. שביטים הם גופים של קרח מים ובו אבק שמקורם בשולי מערכת השמש. בגלל הפרעות כבידתיות, חלקם נזרקים פנימה אל כיוון השמש למסלול שעלול להביאם סמוך לכדור הארץ. גם שביטים אלה שחלקם מתגלה רק סמוך מאוד להופעתם, עלולים להיכלל בקטגוריה של גופים קרובי ארץ.

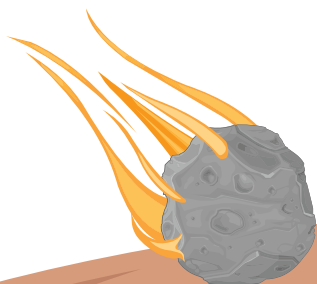
גופים קרובי ארץ מהווים סכנה בקנה מידה אזורי ועד גלובלי. התנגשות אסטרואיד או כוכב שביט בכדור הארץ עלולה לגרום להרוגים ואף להכחדה המונית, הכל תלוי בגודל האסטרואיד, מהירותו והרכבו. בשנת 1908 חדר לאטמוספירה אסטרואיד שגודלו כמה עשרות מטרים והתפוצץ מעל טונגוסקה שבסיביר. מעצמת ההדף השתטחו עצים ברדיוס עשרות קילומטרים. במפרץ יוקטן נמצא מכתש בקוטר 280 ק"מ שנוצר עקב פגיעה של אסטרואיד בקוטר כמה ק"מ. פגיעה זו גרמה לתמורות אקלימיות על פני כדור הארץ כולו והביאה להכחדת הדינוזאורים. ישנם מכתשים גדולים נוספים על פני כדור הארץ שחלקם הביאו להכחדה המונית. פגיעה של אסטרואיד בקוטר של ק"מ ויותר עלולה להביא להשמדה של אזור בגודל המזרח התיכון ולתמורות בקנה מידה עולמי.

בשנים האחרונות מנטרים תצפיתנים מכל רחבי העולם את השמים במאמץ לגלות אסטרואידים ושביטים רחוקים ולחשב את מסלולם. בימינו עוקבים המדענים אחר 12,000 NEOs בקירוב, וכמה מאות מהם אפילו מוגדרים כבעלי סיכוי קטן לפגיעה בכדור הארץ. עד כה טרם התגלה גוף המצוי במסלול התנגשות עם כדור הארץ אולם המאמץ נמשך. בשנת 2013 התפוצץ אסטרואיד בקוטר 20 מטר בקירוב, מעל צ'ליאבינסק אשר ברוסיה. במקרה זה נזקקו לטיפול רפואי מעל 1000 איש כתוצאה מהשלכות הדף פיצוץ האסטרואיד בגובה 30 ק"מ. אירוע זה הבהיר יותר מתמיד את נחיצות ההתאגדות העולמית כנגד האיום.

במילים אחרות, אנו נערכים להגנה על כדור הארץ. אירוע צ'ליאבינסק המחיש לנו שגם פיצוץ של אסטרואיד "קטן" בגודל עשרות מטרים עלולה לגרום לנפגעים רבים ולכן עלינו ללמוד להתמודד עם גופים אלה כאשר התנאי הבסיסי הוא גילויים המוקדם.

ניתן לפשט ולחלק את ההתגוננות מפני אסטרואידים כך:

- שלב א: מצאו את האסטרואיד ובדקו האם יש סיכוי לפגיעה בכדור הארץ
- שלב ב: החליטו על דרך פעולה
- שלב ג: משימת המשך ודיון



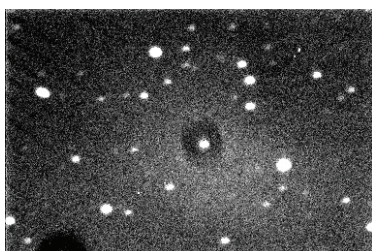
אלב או' - ליהוי אסטרואיד

טלסקופים רבים מצלמים את השמים ומחפשים "תנועה לא שגרתית". אסטרואיד ייראה כוכב שנע על פני רקע כוכבי השבת הקבועים. בעוד כוכבי השבת כה רחוקים ואינם נעים ביחס לכיפת השמים, אסטרואיד מצוי במרחק זעיר ביחס אליהם ולכן הוא נע ביחס לכוכבי השבת. אולם, בכך לא הסתיימה המשימה! אנו צריכים לברר האם מדובר באמת באסטרואיד או, למשל, בלוויין מאוד איטי או האם מדובר באסטרואיד חדש או בכזה שאנו מכירים. או אם הוא בחגורת האסטרואידים או במסלול אחר.

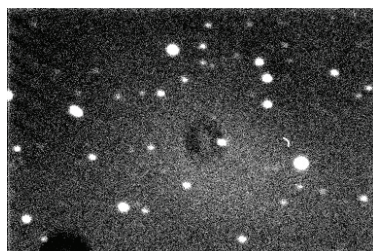
החשוב מכל - אם מדובר באסטרואיד, יש צורך במעקב מיידי אחריו כדי לחשב את מסלולו ולבדוק אם הוא יתנגש בכדור הארץ, ולהמשיך לעקוב אחריו. כדי לחשב את המסלול אנו זקוקים לכמה לילות של צפייה רצופה כדי לקבל די נקודות שיספיקו לחישוב מדויק ככל האפשר של המסלול.

תרגיל:

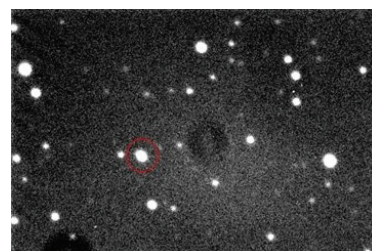
התמונות להלן צולמו במרווחי זמן זה מזה. כיוון שכדור הארץ מסתובב, נדמה מפת השמים כולה נעה יחד. אך אובייקט אחד זז מהר יחסית לשאר והוא האסטרואיד הנע על פני רקע הכוכבים. (נסו למצוא אותו)



תמונה 3



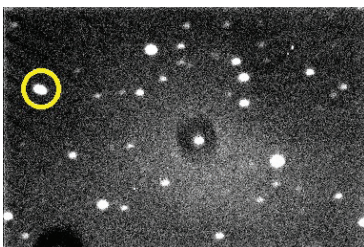
תמונה 2



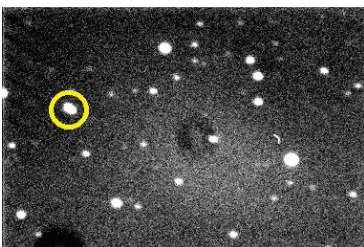
תמונה 1

צילום: באדיבות מצפה כוכבים מעלה אדומים.

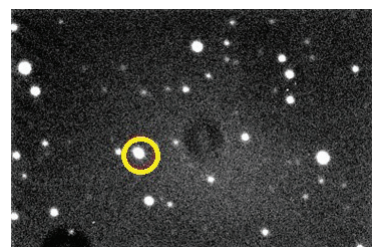
למורה: הכיתרון עם האסטרואיד 'סומן':



תמונה 3



תמונה 2



תמונה 1

אלב ב' - היכרות עם שיטות להסעת אסטרואיד

הדגימו על הלוח: כאשר אסטרואיד מצוי במרחק גדול מכדור הארץ, מספיק להסיטו רק מעט כדי להצילנו מפגיעה! ככל שהוא רחוק יותר, זווית ההסתה הדרושה קטנה יותר. תנו לתלמידים להחליט באיזו שיטה הם ירצו להתמקד:

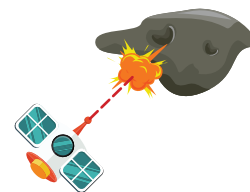
• הסטה קינטית - "התנגשות חליתית"

מקרה של הסטה קינטית אנו משתמשים באנרגיה שמצויה בגוף בתנועה. אם, למשל, נזרוק כדור ביליארד לעבר כדור אחר שנמצא בתנועה על השולחן, נצליח לשנות את מסלולו. בכך השתמשנו באנרגיית התנועה (אנרגיה קינטית) של הגוף. את אותו רעיון אפשר ליישם באמצעות חללית המתנגשת במהירות גבוהה באסטרואיד. סיכונים: ככל שהחללית תשקול יותר ותנוע מהר יותר, היא תגרום להסטה גדולה יותר במהירות האסטרואיד, אך עלינו להיזהר שהיא לא תשבור אותו. מדוע? (חשבו על שברי האסטרואיד או השביט שעושים את דרכם לכדור הארץ).



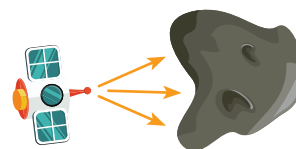
• כיצול נשק גרעיני

דרך נוספת להסיט את האסטרואיד היא לפוצץ פצצה גרעינית עליו או לידו. סיכונים: אם האסטרואיד התגלה לאחרונה, איננו יודעים בוודאות ממה הוא עשוי ולכן אין לנו אפשרות לנבא מה תהיה השפעת הפיצוץ עליו. בעיה אחרת היא הגברת הסיכון שהאסטרואיד יתפרק לחתיכות. במקרה שהפצצה לידו ולא בתוכו, יש חשש שהאסטרואיד בכלל יקבל עוד אנרגיה כתוצאה מהפיצוץ אך לא יסטה ממסלולו.



• הסטה בעזרת אולות יונים

יונים הם אטומים או מולקולות בעלי מטען חשמלי כיוון שהם בעלי מספר אלקטרונים שונה ממספר הפרוטונים. בשיטה זו "יורים" יונים בעזרת תותח יונים שמונח על חללית הטסה לצד האסטרואיד והיונים פשוט דוחפים אותו. ההסטה מתאפשרת מהאנרגיה הקינטית של היונים בדומה לשיטת ה"הסטה הקינטית" המתוארת בתחילה. רק שבמקרה זה לא מדובר ב"כדור ביליארד" אחד המתנגש בשני, אלא בהרבה מאוד "כדורים" מיקרוסקופיים, הרי הם הם היונים. חסרונות: הבעיה עם שיטה זו שהיא איטית ביותר. כדי שהיא תהיה אפקטיבית, צריך לשגר את תותח היונים שלנו זמן רב לפני שהאסטרואיד מתקרב.



• ?חיסה בעלרת אור השמש (אפקט ירקובסקי)

מסתבר שאור השמש יכול לגרום להזזת גופים. בתיאוריה, אפשר להשתמש בעקרון זה ולהזיז גם אסטרואיד. צריך פשוט לצבוע אותו בצבע שחור והפוטונים של אור השמש כבר יעשו את העבודה.

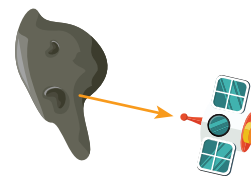
שאלה - מדוע צבע שחור? תשובה: מאותה סיבה שאתם ממש לא רוצים ללבוש בקיץ בגדים שחורים. הצבע השחור בולע את כל הקרינה הנופלת עליו בניגוד לצבע הלבן המחזיר אותה. מסיבה זו, נצבע את האסטרואיד בשחור כדי שיספוג באופן המרבי את הקרינה. ברגע שהאסטרואיד יתחמם על ידי קרינת השמש, הוא יתחיל לפלוט קרינה בעצמו. הקרינה תתעצם ככל שהוא יהיה יותר חם. קרינה זו, שלמעשה תפעל כמו מנוע קטן, תדחוף אותו לכיוון ההפוך מכיוון השמש. תופעה זו קרויה על שם אוסיפוביץ' ירקובסקי, המהנדס הרוסי שתיאר אותה לראשונה לפני מאה שנה. חסרונות: עקרון זה לא נוסה בפועל. המדענים סוברים שהוא אפשרי אך בכל מקרה, שיטה זו נחשבת איטית ביותר.

להעשרה ראו חללית [OSIRIS-REx](#)



• הסטה בעלרת כוח משיכה

בשיטה זו משמשים בחללית שטסה ליד האסטרואיד ובעצם אט אט מושכת אותו באמצעות המסה שלה, ממש כפי שהשמש מושכת את כדור הארץ. חסרונות: מאחר שמסת החללית היא כה קטנה יחסית ועדיין אין לנו חלליות בקוטר קילומטר העניין ימשך הרבה מאוד זמן.



תרגיל:

התחלקו לחמש קבוצות חשיבה - כל קבוצה תרשום את תשובותיה ותציגן לקבוצות האחרות תוך דיון קצר:

1. מהי לדעתכם השיטה האמינה או הבטוחה ביותר כיום?
2. איזו שיטה לדעתכם נחשבת לזולה ביותר?
3. נסו להפריד בין שיטות במקרה של פגיעה בטווח הקצר ושיטות לטווח הארוך?
4. באיזו שיטה הייתם בוחרים במקרה שלנו?
5. האם יש לכם רעיון יצירתי אחר להסיט אסטרואיד?

מידע למורה: הטכנולוגיה העדיפה בימינו להסטת אסטרואיד היא הסטה קינטית באמצעות "התנגשות מהצד". הסיבה ששיטה זו עדיפה בעיני המדענים היא פשטותה וכן כי במקרה זה יש לנו "בגרות טכנולוגית" יחסית גבוהה. לפרטים נוספים: ראו את הסרטון של [NEOShield](#) ולמתעניינים המתקדמים מומלץ לקרוא גם על משימת [AIDA](#) של NASA ו-ESA, סוכנות החלל האירופית.



אלב ג' - היבטים נוסכים

החללית ששלחתם הצליחה במשימתה רק חלקית. לאחר תצפיות חדשות וחישובי מסלול האסטרואיד מחדש הבינו המדענים כי האסטרואיד הוסט אך תוך כדי ההסטה התפרק וחתיכה ממנו, בגודל 30 מטר, תפגע או תתפוצץ מעל מדינת קירגיזסטן אשר במרכז אסיה. באזור ישנן 3 עיירות של תושבי קירגיזסטן הכוללות סך הכול 25,000 איש. על מנת שלא לסכן את האוכלוסייה הוחלט לפנות תושבים מהאזור ברדיוס 30 ק"מ לפחות מנקודת הפגיעה הצפויה, וכל זאת תוך 5 ימים בלבד!

במילים אחרות, הצלתם את תושבי יפן אך סיכנתם את תושבי קירגיזסטן!

תרגיל:

ערכו דיון תוך חלוקה ל- 5 קבוצות.

- קבוצה א' - מנהיגי קירגיזסטן
- קבוצה ב' - תושבי קירגיזסטן
- קבוצה ג' - מנהיגי האו"ם
- קבוצה ד' - מנהיגי מדינות ניטרליות
- קבוצה ה' - מנהיגי ישראל שהיו אחראיים על המשימה

על הקבוצות לערוך דיון פנימי, כל קבוצה לעצמה, בעשרת הנושאים להלן ולאחר מכן יציגו הקבוצות את מחשבותיהן וינהלו דיון פתוח.

1. האם מישהו אשם במצב שנוצר?

2. האם יש לכם רעיונות אחרים להצלת תושבי קירגיזסטן?

3. לו ידעתם שאלו יהיו התוצאות האם הייתם ממליצים לשלוח חללית להסיט את האסטרואיד?

4. מי לדעתכם צריך לממן פינוי והצלה של 25,000 איש?

5. אילו מדינות לדעתכם יתנדבו לעזור?

6. איזו מדינות לדעתכם חייבות לעזור?

7. מה תמליצו לאו"ם לאחר הדיון?

8. מה תמליצו למדינת ישראל לאחר הדיון?

נסו לענות על השאלות בהנחה שקירגיזסטן היא מדינה ידידותית.

נסו לענות על השאלות בהנחה שקירגיזסטן היא מדינת אויב.

