



# חטיבות הביניים 2021 תשפ"א



משרד החינוך  
המזכירות המדעית  
אגף מדע, טכניקה, תרבות וספורט  
אגף מדע, טכניקה, תרבות וספורט



IASA  
המרכז הישראלי למדע וטכניקה

ISX  
מרכז החלל הישראלי  
משרד המדע והטכנולוגיה

משרד המדע  
והטכנולוגיה



ח' שבט תשפ"א  
21 בינואר 2021

## תוכן המשך לפורשים אחרי שלב ב' של אולימפיאדת החלל

מורים יקרים,

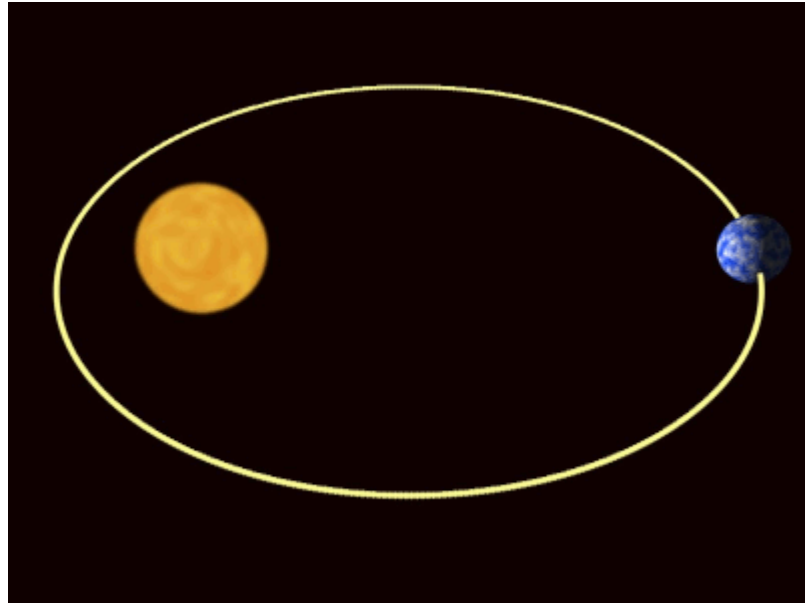
כיתות אשר לא המשיכו לשלבים הבאים של התחרות מוזמנות להמשיך ולעסוק כקבוצה בנושא החלל ולבצע משימות במקביל לשלבי התחרות.

1. בקשו מהתלמידים לקרוא את חומר הרקע ואת המאמר על **חוקי קפלר – והמסלולים**

### האליפטיים במערכת השמש

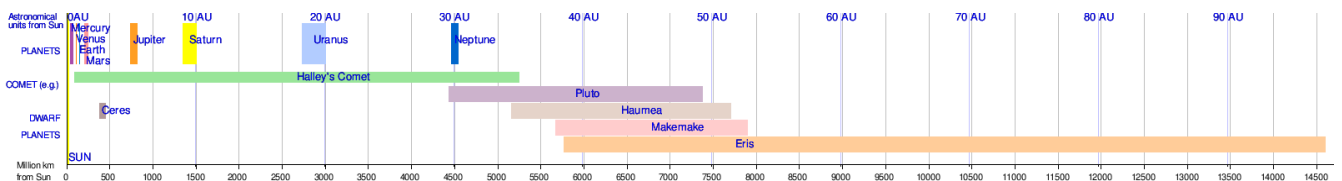
[/מהם-חוקי-קפלר/astrophysics](https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/astrophysics)

קפלר הראה חוקיות מתמטית בתנועת כוכבי הלכת סביב השמש. ניתן לזהות את החוקיות כשמנתחים את מיקום כוכבי הלכת בשמים, תחת ההנחה שהמסלול שהם מבצעים הוא סביב השמש ולא סביב כדור הארץ. זיהוי החוקיות המתמטית היה צעד משמעותי בהפרכת **המודל הגיאוצנטרי** (גיאו - ארץ, צנטר - מרכז) שהיה מקובל בתקופתו של קפלר לפיו כל הגופים השמימיים מקיפים את כדור הארץ. **החוק הראשון של קפלר** קובע שמסלולי ההקפה של כוכבי הלכת הם אליפטיים ושהשמש איננה ממוקמת במרכז האליפסה אלא באחד משני מוקדי האליפסה (ראו לדוגמה איור מספר 1). על פי חוק זה, המרחק בין כוכב הלכת המקיף את השמש לבין השמש אינו בהכרח קבוע כמו במעגל מושלם.



איור 1: אנימציה המציגה את אליפטיות מסלול כדור הארץ בהגזמה (אם אינכם רואים את התנועה, לחצו על התמונה עם סמן העכבר + Ctrl. כדי לפתוח קישור לאנימציה)

חקרו את הגרף הבא המציג את המרחק המשתנה של גופים שונים מהשמש לאורך מסלול ההקפה סביבה (הגדילו בעזרת פקדי הגדלת התצוגה כדי לראות את הפרטים הקטנים):



איור 2

באיור 2 מוצגים מרחקים של גופים נבחרים במערכת השמש ממרכז השמש, שנמצאת בצדו השמאלי של הגרף. כל מקטע צבעוני מייצג עצם שמימי המקיף את השמש. הקצה השמאלי של כל מקטע צבעוני הוא הפריהליון - הנקודה הקרובה ביותר לשמש במסלול ההקפה האליפטי, והקצה הימני האפהליון - הוא הנקודה הרחוקה ביותר. מקטעים ארוכים מציינים מסלולים עם אקסצנטריות (מידת אליפטיות) גבוהה והמקטעים הקצרים מייצגים מסלולים הקרובים למעגל. רדיוס השמש הוא כ- 0.7 מיליון ק"מ ומוצג בהגזמה כפס צהוב הקרוב לראשית הצירים בקצה השמאלי. לצפייה במסלולי כוכבי הלכת הפנימיים השתמשו בכפתורי הגדלת התצוגה.

במפגש קבוצתי ערכו סיכום לנושא חוקי קפלר ובקשו מהתלמידים לענות על השאלות הבאות:

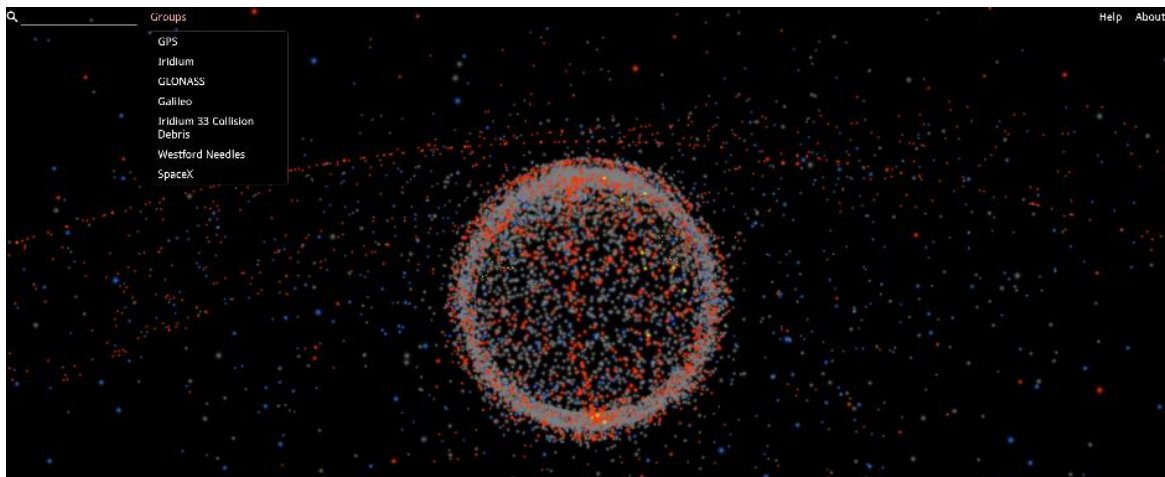
- מבין כוכבי הלכת הפנימיים - לאילו שני כוכבי לכת האקסצנטריות הגדולה ביותר?
- האם יש כוכב לכת שמתקרב לשמש יותר מכוכב השביט האלי? אם כן, מיהו?

2. קראו יחד עם התלמידים את ההנחיות הבאות והנחו אותם לבצע **משימת מעקב אחר מסלולי לוויינים** - במשימה זו יחקרו התלמידים את מסלולי התנועה של שלושה לוויינים במסלול הקפה. הלמידה תעשה באמצעות תצפית ממוחשבת, וניתוח של הנתונים על גבי 'גיליון אלקטרוני' שיתופי Google Sheets. אנו ממליצים שכל המדידות שמורות **בקובץ אחד** כשלכל לוויין **גיליון עבודה נפרד**.

### לוויין 1 - GPS

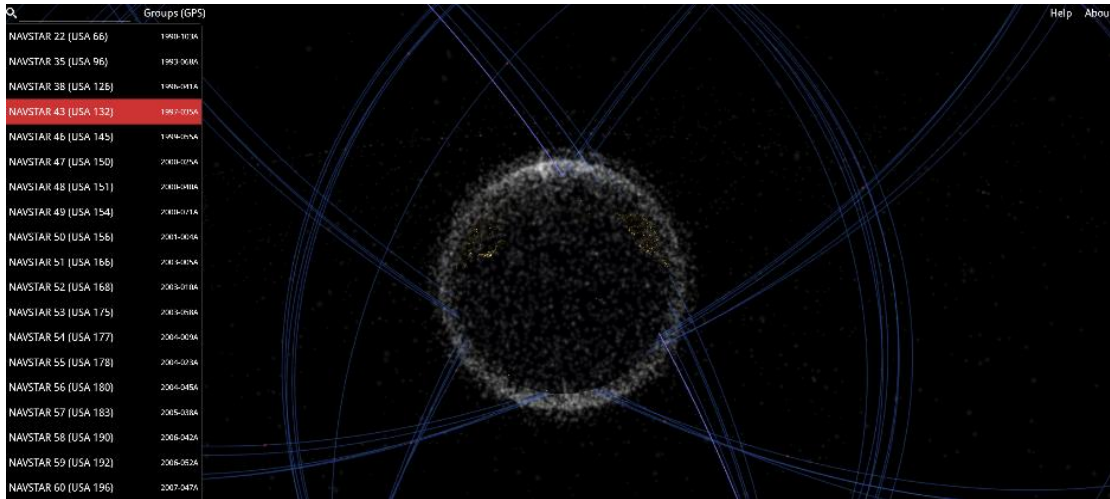
בקישור <http://stuffin.space/> ניתן לעקוב אחר נתוני המסלול הרגועים של לוויינים רבים אשר מקיפים את כדור הארץ. המידע מתבסס על מדידות רדאר של מערכת מעקב הלוויינים האמריקאית Space Situational Awareness - SSA ועל סימולציה המחשבת את מסלול הלוויין בהתאם למדידות המעודכנות ביותר. אם דפדפן הכרום שלכם אינו תומך יותר ב FLASH, לא יוצגו מסלולי הלוויינים באתר. השתמשו בדפדפן EDGE של מיקרוסופט או דפדף אחר שמאפשר לכם לראות את מסלולי הלוויינים באתר.

- בחרו את קבוצת לווייני GPS מהתפריט העליון בצד שמאל ב- "Groups" (ראו איור 3):



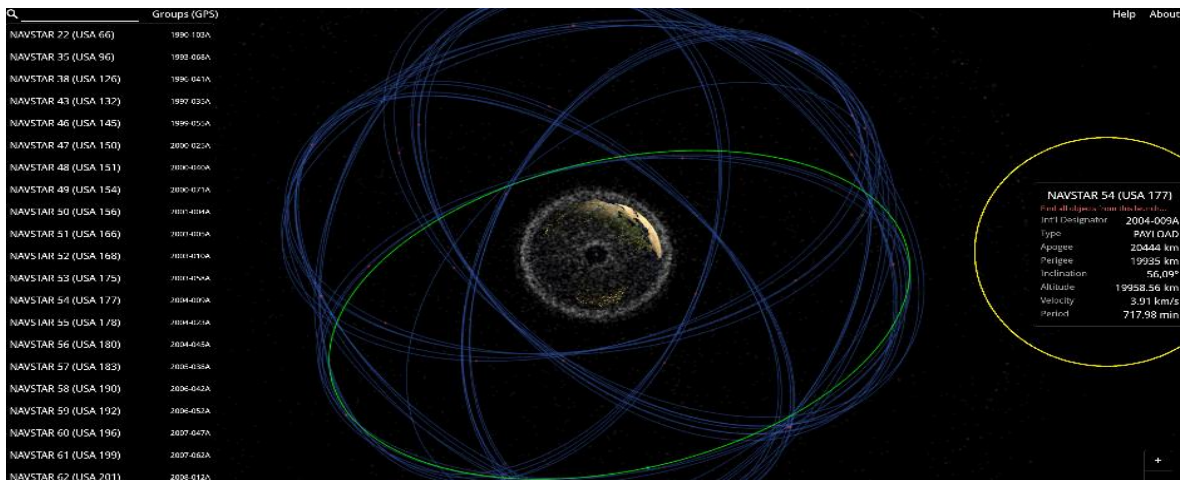
איור 3

- בחרו לוויין GPS מהתפריט שנפתח באמצעות לחיצה על שמו ברשימה. רשמו לעצמכם את שמו המלא כפי שמופיע בתפריט. לאחר בחירת הלוויין יפתח תפריט נתוני הלוויין בצד ימין של המסך ומסלולו יוצג בצבע ירוק. הפריגיאה היא המקבילה הארצית של הפריהליון והיא הנקודה במסלול בה הלוויין הכי קרוב לכדור הארץ, האפוגיאה היא הנקודה בה מרחק הלוויין מכדור הארץ הוא הגדול ביותר לאורך המסלול בדומה לאפוגהליון סביב השמש. שימו לב - בנתונים שבתפריט רשומים **ערכי הגובה** בפריגיאה ובאפוגיאה מפני כדור הארץ בעוד שהערכים האמיתיים של מרחק האפוגיאה והפריגיאה של המסלול בהתאם לחוק האליפסות של קפלר נמדדים ממרכז כדור הארץ.



איור 4

- עליכם לדגום את מסלול הלוויין בפרקי זמן קבועים כך שתהיינה לכם כ-60 דגימות בכל מחזור הקפה. רשמו לעצמכם את זמן המחזור (Period) של הלוויין כפי שמופיע בתפריט. תכננו לכם את זמני הדגימה ורשמו אותם בגיליון האקסל השיתופי. בכל דגימה רשמו בטבלה את זמן המדידה, מהירות הלוויין (Velocity) ואת גובהו מעל פני הקרקע (Altitude). אם המדידה לא נעשתה בדיוק בזמן המיועד (למשל: אם אתם מודדים כל רבע שעה עגולה, ושכחתם למדוד בשעה 16:15:00, ונזכרתם רק ב-16:20:08, רשמו 16:20:08 כזמן המדידה, ובצעו את המדידה הבאה ב-16:30:00 כמתוכנן). בצעו את המדידות במשך שני מחזורי הקפה שלמים. חלקו ביניכם את המשימה כך שכל תלמיד או זוג תלמידים יהיו אחראים על מספר מדידות.



איור 5



## תוכן המשך לפורשים אחרי שלב ב'

- השתמשו בתוכנת אקסל (Excel) או Google sheets לצורך ביצוע המשימות הבאות:
  - א. שרטטו גרף של מרחק הלוויין **ממרכז כדור הארץ** כפונקציה של הזמן.
  - ב. שרטטו גרף של מהירות הלוויין כפונקציה של הזמן.
  - ג. הדגישו בטבלת האקסל את שתי המדידות בהן מרחק הלוויין ממרכז כדור הארץ הוא הקטן ביותר (המדידות הקרובות ביותר לפריגאה). הדגישו את שתי הנקודות בהן המרחק הוא הגדול ביותר (הקרובות ביותר לאפוגיאה).

### לוויין 2 - רקטה משומשת של SpaceX

- מתוך הקבוצה (Group) "SpaceX" בחרו לוויין **בעל מסלול אליפטי מובהק עם גובה אפוגיאה העולה על 30,000 קילומטר**.
- חזרו על **כל** התהליך שביצעתם ללוויין ה-GPS עבור הלוויין של SpaceX שבחרתם, מלאו את הטבלאות ושרטטו את הגרפים.
- אחרי שסיימתם, בצעו הערכה של שעת האפוגיאה ושעת הפריגיאה הבאים ורשמו בגיליון האלקטרוני.
- בהתאם להערכתכם, בצעו תצפית בזמן אמת אחר הלוויין סביב שעת הפריגיאה וסביב שעת האפוגיאה (התחילו את תצפית כחצי שעה לפני הזמן המצופה). רשמו במדויק בגיליון האלקטרוני ברזולוציה (אבחנה) של  $\pm$  שנייה מנקודת האפוגיאה ומנקודת הפריגאה : מהן המהירויות והמרחקים של הלוויין ממרכז כדור הארץ בשתי הנקודות.

### לוויין 3 - Venus

- במסגרת משימת הלוויין הישראלי-צרפתי "ונוס" מתבצע כעת ניסוי הנמכת מסלול באמצעות **מנוע יוני** שיופעל לסירוגין, על פני תקופה של חצי שנה, במהלכה ירד הלוויין מגובה של כ-700 קילומטר עד לגובה סופי של 400 קילומטר. דחף המנוע היוני מופעל בכיוון ההפוך לכיוון מהירות הלוויין והדבר גורם לו לאבד מהירות וגובה. משך הפעלת המנוע בכל הקפה תלוי במידת הטעינה של סוללת הלוויין ולכן קצב הנמכת הלוויין אינו תמיד קבוע. ייתכנו גם ימים בהם לא יבוצעו הפעלות מנוע.
- בצעו מעקב יומי (פעם ביום) בכל יום בין ה-28 לינואר לבין ה-11 בפברואר אחר מסלולו של הלוויין ורשמו בגיליון האלקטרוני. משימתכם תהיה לזהות את ירידת הגובה של הלוויין. בכל יום רשמו בטבלה את נתוני הגובה של הלוויין בפריגאה ובאפוגיאה.

סכמו בקבוצות העבודה את טבלת התוצאות המלאה, הגרפים והתשובות לשאלות.

**הקפידו על כל הכללים להצגת מידע בטבלה ובגרף, כפי שלמדתם בנושא החקר המדעי.**



## תוכן המשך לפורשים אחרי שלב ב'

כנסו את הקבוצה למפגש מליאה (פרונטלי או ב-zoom, בהתאם לנסיבות).

הזמינו את צוותי העבודה להציג את קובץ התוצאות ובקשו מהתלמידים לענות על השאלות הבאות במהלך המפגש:

1. לוויין 1 – GPS: מהם ערכי המהירות בנקודות הקרובות ביותר לאפוגיאה ובנקודות הקרובות ביותר לפריגאה (שסימנתם בטבלת האקסל). מה תוכלו לומר על ערכי המהירות בנקודות הפריגאה והאפוגיאה?
2. לוויין 2 – רקטה משומשת של SpaceX: האם המהירות בפריגאה ובאפוגיאה של הלוויין תואמת את החוק השני של קפלר כפי שמוצג במאמר שקראתם? נמקו את תשובתכם.
3. לוויין 3 – Venus: מהם התאריכים בהם לדעתכם לא התקיימו אירועי הפעלת מנוע מתוך נתוני המסלול של הלוויין?

בהצלחה!