

הנחיות למורה

נושא השיעור:

כיצד מאיץ כוכבי לכת? איזוי כוכבי לכת במערכות SMS אחרות

סכנת האי: כיתה הי' / מסך השיעור: 90 דקות

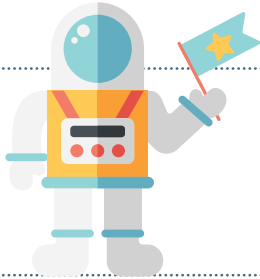


על פי שיטה זו, כוכב הלכת לא מצולם באופן ישיר. במקום זאת, נמדדת כמות האור שנקלטת מכוכב (שמש) מסוים בחלל. אם לאחר מעקב אחר כוכב מסוים נמצא כי כמות האור שנמדדת ממנו משתנה באופן מחזורי, ניתן להסיק כי מתבצע מעבר (Transit) ביננו לבין הכוכב הנצפה.

כשכוכב לכת (פלנטה) מוצג כתנאי הכרחי בתשובה לשאלה זו.

השיעור עוסק בשאלה כיצד מגלים כוכבי לכת (פלנטות) שאינם חלק ממערכת השמש כמקום שאולי אפשר להתחיל לחפש בו חיים. במהלך השיעור התלמידים נחשפים לשיטה של גילוי כוכבי לכת הנקראת "שיטת המעבר" (Transit Method).

הנושא של קיום חיים מחוץ לכדור הארץ עשוי להצית את דמיונם של ילדים ומהווה חומר לסרטים וסיפורים בדבר חייזרים וחוצנים אחרים שיכולים לפקוד את כדור הארץ. ברובד המדעי העיסוק בנושא קיום החיים מעורר את השאלה: היכן יש סיכוי למצוא חיים?



הקפראתוכנית הלימודים המסורכנת בארסת טיטה

תחום תוכן: מדעי כדור הארץ והיקום.
נושא משנה ג': אמצעים המשמשים לחקר החלל

חילות אפתח

אסטרונומיה, חלל, כוכבי לכת, מחקר ישראלי, חיים בחלל, חיים בחלל

ציון

שני כדורים בקטרים שונים (המלצה: קוטר 40 ס"מ ו-10 קוטר 10 ס"מ), פנס (ניתן להשתמש במנורת המקרן).

ידע קודם נרר

- היכרות כללית עם מערכת השמש (שתי הפסקאות הראשונות בערך הויקיפדי של מערכת השמש)
- היכרות כללית עם טלסקופ החלל "קפלר" (שתי הפסקאות הראשונות מתוך הערך הויקיפדי של טלסקופ קפלר)

קישור לחומרי לימוד כתובים ומחנכיים

- הקדמון לסרט החייזרים ET.
- מסלול טלסקופ החלל קפלר סביב השמש.
- סרטון המציג את העובדה שטלסקופ קפלר יכול לזהות רק מערכות שמש שמאונכות ביחס למערכת השמש שלנו.
- סרטון המדגים כיצד אור כוכב מטביע את כוכב לכת.
- סרטון המציג את הגרף שמתקבל כאשר מודדים את כמות האור המגיעה מכוכב, אותו סובב כוכב לכת.
- מצגת מלווה למערך לימוד זה.

תוכן

תוכן:

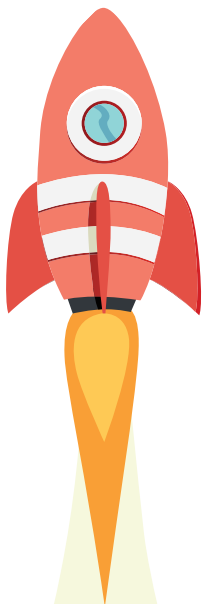
1. התלמידים יכירו את המושגים הבאים: מערכת שמש, כוכב (שמש), פלנטה (כוכב לכת), טלסקופ, אור/צל, הסתרה
2. התלמידים יכירו את טלסקופ החלל "קפלר", שמטרתו היא חיפוש כוכבי לכת במערכות שמש רחוקות.
3. התלמידים יכירו שיטה ("שיטת המעבר" Transit Method) שבאמצעותה נעשה חיפוש אחר כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש.

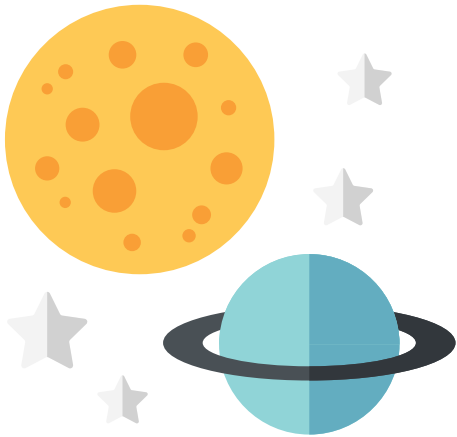
מיומנויות:

1. ייצוג ממצאי חקר כמותי באופן חזותי (גרף).
2. תיאור ממצאים מתוך תצפית.
3. הסקת מסקנות מתוך נתונים מספריים.

חושבים עיקריים

מערכת שמש, כוכב (שמש), פלנטה (כוכב לכת), טלסקופ, אור/צל, הסתרה וליקוי חמה





אם יהיה כוכב לכת מרוחק שיעבור ביננו ובין הכוכב שלו, יוסתר במעט אור הכוכב ונוכל למדוד ירידה בעוצמת האור בעזרת מכשירים. טלסקופ החלל קפלר משמש למדידות שכאלו. הירידה בכמות האור שמודד טלסקופ החלל קפלר הן באלפיות האחוז (!) באורו של כוכב חיוור. על כן, חייב טלסקופ קפלר להיות בחלל, מעל השפעותיה המפריעות של האטמוספירה.

בתום הדיון, מועלית השאלה כיצד ניתן למצוא סימני חיים ומוגדר התנאי הבסיסי להימצאות חיים: קיום כוכב לכת (פלנטה) סביב כוכב. בשלב זה, מוצגת מצגת הממחישה את המושגים הבסיסיים שנלמדו.

כיצד אם כן מגלים כוכב לכת? כדי להבין את שיטת המחקר העומדת בבסיס השיטה לגילוי כוכבי לכת, יש לזכור את עקרון האור והצל. עקרון זה קובע שכאשר יש עצם פולט אור, שלידו עומד גוף העשוי מחומר אטום למעבר אור, חלק מהאור ייבלם בתוך הגוף האטום ולא יועבר הלאה. במקרה זה, צופה רחוק הנמצא בקו ישר עם הגוף האטום ועם הגוף המאיר יוכל למדוד ירידה בעוצמת האור שמגיעה למכשיריו. הדבר דומה לסיכוך (מלשון "לסוכך") על העיניים ביום שמשי. כמות אור השמש הנופלת על עינינו פוחתת כאשר אנו מצלים את פנינו בעזרת יד על המצח. באופן זה, הירח לעיתים חולף בין כדור הארץ לשמש ובכך יוצר צל הנראה, לרוב, על כדור הארץ. "שיטת המעבר" המשמשת לגילוי כוכבי לכת פועלת באותה צורה.

תיאור הפעילות (תקציר)

סיפור מסגרת: ארגון האומות המאוחדות קורא לאזרחי העולם לסייע בחיפוש כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש, הסיבה לכך בכוכבי הלכת הללו קיימת אפשרות למצוא חיים.

כחלק מהבנת שיטת המחקר לחיפוש כוכבי לכת התלמידים מתבקשים לנתח נתוני "אמת" בחיפוש אחר כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש.

השיעור נפתח בצפייה בסרטון המציג את המפגש של בני אדם עם חייזר בקולנוע באמצעות הטריילר לסרט איטי. הסרטון מעורר את הדיון בסוגיה לגבי ההשפעות שעשויות להיות על בני האדם אם יתגלו סימני חיים בכוכבי לכת רחוקים. כדי לעסוק בסוגיה זו חשוב לוודא ידע קודם של תלמידים אודות מושגי מפתח: חלל, יקום וכוכב לכת. הדיון ממשיך לגבי ההשפעות שעשויות להיות על בני האדם אם יתגלו סימני חיים בכוכבי לכת רחוקים.

כיכר מבהיר את היטהר אלהיאים?

הרעיון של אור וצל מובהר באמצעות המחשה המציגה את המושגים "אור" ו"צל", והסתרת אור. בהמחשה מומלץ להיעזר בפנס ובשני כדורים מחומר אטום לאור בגדלים שונים מאוד זה מזה (רצוי כדור שקוטרו 40 ס"מ וכדור שקוטרו 10 ס"מ).

או פחות). הכדור הגדול יואר בעזרת הפנס, והכדור הקטן יחלוף בין שניהם, בקרבת הכדור, כרבע המרחק בין הכדור הגדול לפנס. התלמידים מתבקשים להעריך באופן אינטואיטיבי (ללא מדידה) את הירידה בכמות האור (הסתרה מעטה, הסתרה בינונית, הסתרה רבה). ניתן לשנות את המרחק בין הכדורים ולחזור על ההערכה.

לאחר ההמחשה, נאמר לתלמידים שלאור הידע הרב שצברו עד כה, הם צורפו לצוות מחקר המחפש כוכבי לכת מחוץ למערכת

השמש. יודגש כי על התלמידים להתנסות תחילה במשימת האימון ורק לאחר מכן להתנסות בעיבוד נתונים. לקבוצות ניתנים שמות כגון "קבוצת מחקר א", "קבוצת מחקר ב" וכד'. כל קבוצה מקבלת נתונים המציגים מדידות אור מכוכבים שונים. התלמידים מתבקשים לעקוב אחר השינויים בכמות האור, לייצגם בגרף ולהסיק האם הם גילו כוכב לכת (לפי הנחיות בדפי עבודה). מומלץ לחלק לתלמידים תגים שמיים של המשרד (האמיתי) לענייני החלל החיצון של האו"ם.



מה יקרה אם נגלה חיים מחוץ לכדור הארץ?
(שקופיות 1, 2)

ארגון האומות המאוחדות הודיע, לאחר מחקר בינלאומי של טובי המדענים, שלא נמצאו סימני חיים במערכת השמש, פרט לכדור הארץ. בהודעת האו"ם נכתב כי על העולם כולו להתאחד ולמצוא צורות חיים חדשות מהן ניתן יהיה ללמוד. בעולם מורגשת מגמה חזקה לתחום המדעים. לכל אזרח ואזרחית יש הזדמנות להקים צוות מחקר פרטי, לקבל לידיהם נתוני תצפית מטלסקופים, ולסייע למצוא מערכת שמש בה ייתכן קיום חיים.

שאלה:

כיצד ניתן לדמיין מפגש של תרבות אנושית עם חייזרים?

מהם התנאים הנדרשים לקיום חיים מחוץ לכדור הארץ?
(שקופיות 3)

שאלת קיום חיים מחוץ לכדור הארץ סקרנה מאז ומתמיד את בני האדם. קל להאמין לסרטים דמיוניים המספרים כיצד חייזרים יוצרים אתנו קשר, או אפילו נלחמים בנו. אך האמת שונה מאוד. עד היום לא נמצאו סימני חיים באף מקום פרט לכדור הארץ. יחד עם זאת, אם נמצא סימני חיים על כוכבי לכת רחוקים, זו יכולה להיות תגלית מרעישה: החיים נוצרו גם במקום אחר ביקום, אנחנו לא לבד.

היכן מחפשים חיים?

כאן יש לבדוק את ההבנה של התלמידים למושגים כוכב, פלנטה, חלל ויקום.

שאלה לדיון:

כיצד תשפיע תגלית שכזו על האנושות? כיצד היא תשפיע עליכם?

זה תהיה תגלית משמעותית מאוד. מדענים ומדעניות רבים חוקרים מערכות שמש רחוקות ומנסים לברר האם יש בהן כוכבי לכת שיכולים לקיים חיים.

זאת לפני שבכלל מנסים לברר האם קיימים תנאים לחיים.

מה התנאי הבסיסי לזיהוי סימני חיים?

התנאי הבסיסי ביותר לקיום חיים מחוץ לכדור הארץ הוא קיום כוכב לכת עליו יש תנאים המאפשרים קיום חיים והוא מקיף כוכב (שמש).

הערה:

לשם הפשטות, אנו מחפשים כוכבי לכת עליהם קיימים תנאים הדומים לאלה המצויים על כדור הארץ שלנו. כמובן שייתכנו צורות חיים נוספות, אך כרגע אנו לא מכירים כאלה ולכן אין זה מעשי לחפש כאלה.

שאלה:

מהם התנאים אותם אנו מחפשים בכוכבי לכת אחרים כדי שיאפשרו קיום חיים על פניהם?

מהו כוכב? מהו כוכב לכת? מהי מערכת שמש?
(שקופיות 4-7)

המחשה של המושגים באמצעות המצגת "פלנטות מחוץ למערכת השמש".

מוצע להציג קטע מהסרטון הבא: אי טי

הערה לשאלת הדיון:

מוצע להדגיש בפני התלמידים שעדיין לא מדובר על מפגש מלא עם חוצנים.

היבטים אפשריים לדיון:

- **מדע:** קידום ותקצוב או דיכוי אל מול פחד מן הלוא נודע.
 - **דת:** קידום אל מול פחד מן הלוא נודע או צמצום אל מול הוכחה מדעית שהאדם אינו בהכרח נזר הבריאה.
 - **פוליטיקה עולמית:** שלום עולמי (או חלקי) אל מול מלחמות דת.
 - **טכנולוגיה:** התפתחות מואצת או דיכוי אל מול פחד מן הלא נודע.
- ישנה גם האופציה של אפאטיה טוטאלית שתותיר את התגלית על המדף כאבן שאין לה הופכין (האפשרות הכי פחות סבירה).

ההנחיות לגבי המצגת זמינות בתחתית כל שקופית.

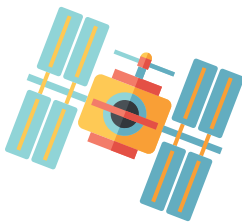
מריצים את המצגת עד לסיום שקופית מס' 7 (שקופית אור וצל).



אלב בסיסור **הנחיות לתלמידים** **האלצות לאורה**

אור וצל
(שקופיות 7)

המחשת אור וצל:
להקרין אור על קיר הכיתה (ניתן להיעזר בפנס או במנורת המקרן בעזרתו מציגים את המצגת).
מעבירים עצם (אטום לאור) באור הפנס/ המקרן.
ומציגים לכיתה את הצל שנוצר כתוצאה מכך.



כיצד מגלים כוכב לכת? מה השיטה? באילו אמצעים משתמשים? רגע לפני, נבין כמה מושגים חשובים. מושג הראשון "אור וצל".
מקרינים באמצעות מנורת מקרן או פנס אור על הקיר. קל להבחין באור המוטל על הקיר. כעת מעברים עצם העשוי מחומר אטום לאור בין מנורת המקרן לבין הקיר. נוצר אזור כהה, אולי אפילו שחור. זהו הצל. הצל נובע מכך שאור מנורת המקרן "נתקל" בעצם. העצם לא מאפשר לאור לחדור ולעבור דרכו במסע מן המנורה. חלון מאפשר לאור לעבור דרכו מפני שהזכוכית שבחלון היא שקופה.
שימו לב שהעצם מסתיר חלק מהאור של הפנס/המקרן.
ממה נובע הצל שמוטל על הקיר?

כיצד ניתן להשוות זאת לתופעה המתרחשת בכדור הארץ?
(אפשרות הרחבה - אם יש חלונות בכיתה: וילונות הכיתה הם אטומים/אטומים למחצה ועל האור נחסם/נחסם חלקית בדרכו להיכנס פנימה. **אם אין חלונות בכיתה:** אם פותחים את הדלת, נכנס לכיתה אור מבחוץ. אך אור זה נחסם בדלת כאשר אנו סוגרים אותה).

הסתרה
(שקופיות 8)

להמשיך את המצגת מהשקופית "אור וצל" לשקופית "הסתרה".

הסתרה היא מצב בו מצב אחד עומד בינו ובין גוף שני, ואיננו יכולים לראות את הגוף השני. כמו בליקוי חמה.

הרחבה:
מהו ליקוי חמה?
אור וצל בליקוי חמה
(שקופיות 9-10)

המחשת ליקוי חמה:
באמצעות פנס שימוש בשני כדורים מחומר אטום לאור ובקטרים שונים (מומלץ: 40 ס"מ ו-10 ס"מ).
מאירים את הכדור הגדול באמצעות הפנס. מעבירים את הכדור הקטן בין הפנס בקרבת הכדור הגדול, כרבע המרחק בינו לבין הפנס. מציגים בפני התלמידים את הצל שנוצר על הכדור הגדול. זהו הצל שנוצר ממעבר הכדור באלומת האור. צל זהה לצל הנראה בכדור הארץ בעת ליקוי חמה מלא.
להראות כיצד מוטל צל על הקיר. להסביר שמכדור הארץ איננו רואים את הצל בגלל המרחק מהמערכת. אנו רואים רק ירידה מסוימת בכמות האור.

המחשה באמצעות שימוש בפנס ושני כדורים בקטרים שונים. המושג השני שנכיר הוא "ליקוי חמה". בעת ליקוי חמה מלא, מוטל צל על כדור הארץ. הכדור הגדול מדמה את כדור הארץ. הכדור הקטן מדמה את הירח. הפנס מדמה את השמש. נאיר על "כדור הארץ" את אור ה"שמש". ראו שכאשר ה"ירח" חולף ליד "כדור הארץ", מוטל צל על "כדור הארץ".
מי שצופה במרכז הצל, רואה ירידה ברורה בכמות האור שמגיעה מן השמש.
שימו לב שכאשר מתרחש ליקוי חמה, בו הירח מסתיר את אור השמש מאזורים מסוימים בכדור הארץ, מוטל צל על כדור הארץ. כלומר, מי שעומד באזורים המוצלים רואה פחות אור מאשר מי שעומד באזורים מוארים באופן רגיל. באזור המואר, הליקוי אינו נראה כלל. באזור הצל, הליקוי נראה באופן חלקי. במרכז הצל שמוטל על כדור הארץ, מי שעומד במרכז הצל (נקודה שחורה) לא רואה את השמש כלל. אורה נחסם על ידי הירח.





טלסקופ הוא מכשיר להגברת יכולתו של האדם לאיסוף מידע על עצמים ותופעות שבחלל. הצבת טלסקופ בחלל יקרה, יחד עם זאת, היא מאפשרת תצפית על תופעות שקשה לזהותן מתוך כדור הארץ מאחר והאטמוספירה פוגעת באיכות התצפית. אנו נתמקד בטלסקופ החלל קפלר.

טלסקופי חלל
(שקופיות 11)

טלסקופ החלל קפלר

כיצד נראית תצפית מטלסקופ החלל קפלר?

מה חיפש טלסקופ החלל קפלר?
(שקופיות 12-14)

טלסקופ החלל קפלר שוגר לחלל ב-2009 וסיים את משימתו לפני כחצי שנה עקב קלקול (כיום, אין את הטכנולוגיה לתקן לוויינים ששוגרו לחלל). קפלר הקיף את השמש עם כדור הארץ והביט לאותה נקודה בחלל כל הזמן.

סימון צבעוני: כוכבים שכנראה יש סביבם כוכב לכת אין משמעות לגודל הנקודה. לענייננו, גם אין משמעות לצבע הנקודה.

אפשרות הרחבה:

הנקודות הכחולות הן מערכות שמש שבהן קיים כוכב לכת בקוטר כדור הארץ. שאר הנקודות מסמלות מערכות שמש בהן נמצאו רק כוכבי לכת גדולים מכדור הארץ. נקודות לבנות: שאר הכוכבים אותם בוחן טלסקופ החלל קפלר.

נכיר מעט את טלסקופ החלל קפלר, שמשימתו היתה איתור כוכבי לכת רחוקים.

טלסקופ החלל קפלר מודד את אור הכוכבים ללא צבעים. בתמונה זו משתמשים בצבעים כדי להבליט עבורנו מספר פרטים. מפאת קוצר הזמן, לא ניכנס לעומק הפרטים. אך הביטו במספר הנקודות. כל נקודה היא מערכת שמש בעלת כוכבי לכת.

סרטון: כאשר צופים במערכת שמש רחוקה, הפלנטה כולה נבלעת באור הכוכב שלה.

שאלה לכיתה: נסו להסביר את התופעה המוצגת בסרט?

מרחוק, אור הכוכב מטביע את הפלנטה
(שקופיות 15)

להציג את השקופית "מרחוק, אור הכוכב מטביע את הפלנטה" ולהקרין את הסרט.

הסבר לסרט: בסרט מוצגת מערכת שמש ובה כוכב וכוכב לכת. כאשר מתקרבים לכוכב הלכת, הוא נראה באופן בולט. אך אם נרחק ממנו, ונצא ממערכת השמש, לא נוכל לראות יותר את כוכב הלכת. הסיבה היא שאור הכוכב "מסנוור" את הצופה, שאינו מבחין בכוכב הלכת החיוור.

להמשיך את המצגת.





אלב בסיסור **הנחיות לתלמידים** **האלצות לאורה**

מדידת עוצמת האור של כוכב גרף אור
(שקופיות 16-17)

מפנים את התלמידים לפעילות של שרטוט גרף אור. באמצעות דף העבודה הראשון משימת אימון לתלמיד **התנסות במדידת כמות האור מכוכב.**

לעצור את המצגת בשקופית מס' 17 ("גרף אור"). לנתח עם התלמידים את מבנה עקומת האור על חמשת שלביה.

אם התלמידים עדיין אינם מחולקים לשלו קבוצות, מומלץ לחלקם כעת.

לחלק לתלמידים את הדף "משימת אימון לתלמיד: התנסות במדידת כמות האור מכוכב" זוהי משימת אימון שנועדה להכיר לתלמידים את המיומנות של כימות האור המגיע מכוכב.

לאחר סיום משימת האימון, ניתן לחלק לתלמידים את דפי ניתוח הנתונים "משימת מדידת כמות האור מכוכב". זו התנסות מציאותית יותר מאשר משימת האימון.

מומלץ להקריא את הוראות הדף בכיתה.



לסיכום
(שקופיות 18-19)

1. איזו קבוצה חושבת שגילתה כוכב לכת?
2. כיצד הגעתם למסקנה זו?

1. בסיום העבודה, לשאול את הכיתה איזו קבוצה חושבת שגילתה כוכב לכת?

2. מוצע לשאול קבוצות כיצד הגיעו למסקנתן, ולקשור את המסקנה להמחשה שנעשתה בכיתה (מוצע שישתמשו במילים ובהדגמה חיה של מבנה מערכת השמש שאותה גילו).

דיון
(שקופיות 15)

הקבוצה שגילתה כוכב לכת: כתבו מה הייתם רוצים לדעת על כוכב הלכת שלכם?

הקבוצה שלא גילתה כוכב לכת: מדוע לא הצלחתם לגלות כוכב לכת? האם קראתם את הנתונים כראוי? אם כן, נסו למצוא סיבה אחרת לאי-התגלית שלכם.

הקבוצה שתוצאותיה אינן ברורות: מדוע לא הצלחתם לגלות כוכב לכת? האם קראתם את הנתונים כראוי? אם כן, נסו למצוא סיבה אחרת לאי התגלית שלכם.

מומלץ לעודד שאילת שאלות בקרב הקבוצות **קבוצה א' - קבוצה שגילתה כוכב לכת:** הגרף של קבוצה זו מראה שינוי מחזור בכמות האור. ההנחה הסבירה היא שמדי כמה זמן, חולף עצם ביננו ובין הכוכב המרוחק. סביר שהגוף המקיף הוא כוכב לכת.

קבוצה ב' - קבוצה שתוצאותיה אינן ברורות: קבוצה זו זיהתה ירידה בכמות האור. אך הנתונים לא מראים ירידה מחזורית. יחד עם זאת, לקראת סוף הגרף, נראית תחילתה של ירידה נוספת. יתכן ומדובר בירידה מחזורית שפשוט לא תועדה כהלכה. על כן יש להמשיך לצפות בכוכב זה עד לצפייה בירידה נוספת.

קבוצה ג' - קבוצה שתוצאותיה שליליות: בקבוצה זו לא נראתה ירידה מחזורית. יתכן והשינויים בכמות האור בגרף נובעים משינויים בפני הכוכב עצמו. יתכן והם נובעים מהפרעות במערכת השמש או מתקלה במדידה. ניתן להציע לתלמידים את האפשרות שהתוצאה שלהם מצדיקה המשך מחקר, אך לציין שבמקרה בו אין אינדיקציה לירידה מחזורית בסיום ניתוח הנתונים, נוטים להפסיק המעקב על הכוכב ולעבור לכוכב הבא.



סיום השיעור: דיון וסיכום
(שקופיות 20)

- מה עשינו בשיעור? מה היה לי חסר?
- מה היה לי מעניין?
- מה עשינו בשיעור? מה היה קשה? מה היה לי חסר?
- מה היה קשה?
- מה היה קל?



