

על השמיים, הקוסמוס*

השמיים הם רק ההתחלה

שמי הלילה, המציתים את הדמיון ומעוררים שאלות רבות בקרב ילדי הגן, הציתו גם את דמיונם של האסטרונומים הקדומים ועוררו אותם לשאול שאלות. כלי המחקר שהומצאו מאז ועד היום, כמות הידע שהצטברה והתיאוריות שפותחו, מאפשרים לנו להגיע לתשובות על שאלות רבות, אך שאלות רבות אחרות נשארות עדיין פתוחות. המאמר שלפניכם יסקור את התפתחות הידע בתחום גרמי השמיים, ויציג דוגמאות ורעיונות לדרכים שבהן אפשר לעסוק בתחום זה בגיל הרך, כפי שנעשה בגן אשחר



- בעבר, בני האדם חיו קרוב מאוד לטבע. בלילות הנקיים מכל אור וערפילי הם צפו בנקודות האור שנצצו ברקיע. לא היה להם שום מושג על טבען של אותן נקודות אור – הכוכבים – על מרחקן מהם או כל פרט אחר. שמי הלילה הציתו את דמיונם של כולם, אך קבוצה מסוימת של אנשים קדומים – האסטרונומים הראשונים – החלו לשאול שאלות על שמי הלילה ולחפש רמזים לתשובות. אלה הן אותן שאלות ששואלים גם היום ילדים צעירים כאשר הם מביטים לשמיים:
- מה הם שמיים? האם הם באמת כיפה שצבעה כחול?
- מי יותר קרוב אלינו – השמש או הירח?
- אומרים לנו שכדור הארץ הוא כדור שמסתובב כל הזמן. אז אם כדור הארץ הוא כדור, איך אנחנו לא נופלים ממנו? ואם כדור הארץ מסתובב כל הזמן, איך זה שאין לנו סחרחורת?
- איפה זה סוף העולם? האם לעולם יש סוף? ואם נלך בלי הפסקה, נגיע לשם?
- מה יקרה אם כוכב אחר יתנגש בכוכב שלנו?
- יש אנשים גם על כוכבים אחרים?
- למה קוראים למאדים ככה? כי הוא אדום?
- איך הירח מאיר? והכוכבים?

○ איך יכול להיות שאצלנו חושך כשיש אור במקום אחר?
○ עד איזה מרחק אפשר להתקרב לשמש מבלי להישרף?
על חלק משאלות אלה ואחרות ננסה לענות במאמר זה.

האם השמיים הם באמת כיפה שצבעה כחול?

כאשר אנו מסתכלים לכיוון השמיים בשעות היום, אנו רואים כיפה ענקית בצבע כחול. למעשה אין כיפה כזו. כדור הארץ מוקף באוויר (האטמוספירה), שנעשה דליל יותר ככל שמתרחקים מפני הקרקע. כאשר

*המילה 'קוסמוס' היא שם כולל לחלל ולגרמי השמיים הנמצאים בו: כוכבים (שמשות), כוכבי לכת, ירחים, ערפיליות גז, גלקסיות ועוד.





פינת חלל שליוותה את המיזם השנתי בנושא חלל כגן עלה, בתל אביב, בניהולה של הגגנת ויולט מאיר

ומה שביניהם

שאלה: יש אנשים גם בכוכבים אחרים?
תשובה: אנשים אולי אין, אבל מכיוון שיש הרבה כוכבי לכת שדומים לכדור הארץ, יש סיכוי טוב שיש איום כלשהם במרחבי הקוסמוס.

ראשית מדע האסטרונמיה

האסטרונומים הראשונים ששאלו את השאלות האלה חקרו את השמיים ואת מה שרואים בהם. הם הבחינו שיש כוכבים שמאירים באור חזק יותר ויש כוכבים שמאירים באור חלש יותר. הם הבחינו גם שיש כוכבים שנעים יחסית לכוכבים אחרים, הקבועים במקומם. האסטרונומים הקדומים יצרו את ההבחנה בין כוכבי לכת (הכוכבים הנעים) לכוכבי שבת (הכוכבים הקבועים). מכיוון שכוכבי השבת לא נעו יחסית לכוכבי השבת האחרים, העניקו להם האסטרונומים שמות. הם העניקו שמות גם לצירופי כוכבים: העגלה הגדולה, קסיופיאה, אוריון ועוד. בהמשך נעזרו האסטרונומים בכוכבים כדי לקבוע את המועד שבו משתנות עונות השנה, ונעזרו בשמש כדי לקבוע את הזמן בשעות היום (בעזרת שעוני שמש). אנשים אלה זכו לעושר וכבוד רב והקדישו את מרבית זמנם למעקב אחר גרמי השמיים. היום אנו יודעים שכוכבי השבת הם למעשה שמשות רחוקות (ממש כמו השמש שלנו),

בגובה זה מתחיל ה'חלל'. מכיוון שבחלל אין חלקיקי אוויר שיחזירו את האור, צבעו של החלל שחור. הגובה מעל פני הקרקע שנקבע על ידי האסטרונאוטים כהתחלת החלל הוא 100 קילומטרים, ומי שמגיע לגובה הזה מקבל סיכת אסטרונאוט. בלילה, כשקרני השמש אינן מאירות את האוויר, אנו לא רואים את כחול השמיים אך יכולים לראות את הכוכבים שנמצאים בחלל. למעשה, הכוכבים נמצאים בחלל גם במשך היום, אבל אור השמש, המפוזר על ידי האוויר וגורם לשמיים להיראות בצבע כחול, חזק יותר מאור הכוכבים החלש, ולכן אנו לא מבחינים בכוכבים בשעות היום. במקומות שאין בהם אטמוספירה, למשל בירח, השמיים שחורים גם במשך היום (כי אין חלקיקי אוויר שיחזירו את אור השמש), ולכן אפשר לראות במשך היום גם את השמש וגם את הכוכבים. כלומר, צד הירח הפונה לשמש ('יום') מואר כמו בכדור הארץ, אך השמיים עצמם שחורים. בצד ה'לילה' של הירח, הצד שאינו פונה לשמש, אין אור וחשוך.

קרני השמש פוגעות באוויר והן נראות לנו כחול, מהסיבה הבאה: קרני השמש הפוגעות בחלקיקי האוויר הן באורכי גל שונים. כל אורך גל נראה לעינינו בצבע שונה - אלה הם כל צבעי הקשת. כאשר כל הצבעים מתערבבים, מתקבל צבע לבן. חלקיקי האוויר מחזירים במידה הרבה ביותר את אורכי הגל הקצרים שצבעם 'כחול'. ההחזרה המיוחדת הזו נקראת פיזור ריילי. המשמעות היא שלכל כיוון שבו אנו מסתכלים אל השמיים, אנו רואים למעשה קרן בצבע כחול, שמקורה בשמש, שמגיעה אלינו מהכיוון שאליו אנו מסתכלים. כלומר, אין באמת כיפה פיזית, ולכן גם אי אפשר להגיע אליה. כאשר טסים בחללית מכדור הארץ לחלל, צבע השמיים הולך ונעשה כהה יותר, עד שבגובה של כמה עשרות קילומטרים הוא הופך לשחור. הסיבה לכך היא שהאטמוספירה המקיפה את כדור הארץ הולכת ונעשית דלילה ככל שמתרחקים מפני הקרקע. בגובה מסוים, ריכוז חלקיקי האוויר הוא כה דליל עד שהוא זניח.

שאלה: מה יקרה אם כוכב אחר יתנגש בכוכב שלנו?
תשובה: כדור הארץ אולי יתפרק.





שאלה: מי יותר גדול - השמש או הירח? מי יותר קרוב אלינו - השמש או הירח?

תשובה: השמש גדולה פי 400 בערך מהירח, אבל גם האוקה פי 400, ולכן לעינינו השמש והירח נראים באותו גודל.

מתחפשים לאסטרונאוטים גן אשחר
בנס ציונה, בניהולה של הגנת רונית נחמיאס

אבות האסטרונומיה המודרנית היו היוונים, שפעלו מאות שנים לפני הספירה (מהמאה השישית לפני הספירה ועד למאה השנייה לספירה). בתקופה זו ניצקו רוב יסודות המדע - תיאוריות שהפכו לנכסי צאן ברזל והיו מקובלות עד תחילת המאה ה-17, כמעט אלפיים שנה מאוחר יותר. לתפיסת היוונים, כדור הארץ היה מרכז העולם, וכל שאר גרמי השמיים סבבו אותו במסלוליהם. היוונים הניחו שהשמש, הירח וחמשת כוכבי הלכת שהיו ידועים אז (כוכב חמה, נגה, מאדים, צדק ושבתאי) נעים בכיפת השמיים סביב כדור הארץ, כל אחד באופן המיוחד לו.

לבעלי חיים מסוימים (אריה, סרטן, עקרב וכדומה). גלגל המזלות (או גלגל הזודיאק, Zodiac), הנחלק ל-12 מזלות, שימש את התרבויות העתיקות בפתרון בעיות, ניתוח המתרחש על פני כדור הארץ, קביעת גורלו של אדם ועוד. היום, רבים מאיתנו יודעים איזה 'מזל' אנחנו, האם האופי שלנו אופייני לאותו מזל, ולעיתים גם 'מה צופן לנו השבוע הקרוב' על פי מדור האסטרולוגיה המתפרסם בעיתון. למרות שאסטרולוגיה אינה תורה מדעית (ראו בהמשך) ואינה נחשבת 'סמכות' עליונה כפי שנחשבה בעבר, עדיין ניכרת השפעתה הרבה על התרבויות המודרניות של ימינו.

על חשיבותם של כוכבי הלכת אפשר ללמוד גם מהבחירה לקרוא על שמם את ימי השבוע (בשפות שהיו מקובלות אז, דוגמת לטינית, אנגלית וצרפתית): Sunday, יום ראשון, נקרא על שם השמש - Sun; Monday, יום שני, נקרא על שם הירח - Moon; Mardi, יום שלישי, נקרא על שם כוכב מאדים (מאדים); Mercredi, יום רביעי, נקרא על שם מרקורי (כוכב חמה); Jeudi, יום חמישי, נקרא על שם צדק (יופיטר); Vendredi, יום שישי, נקרא על שם נגה (ונוס); ואת השבת, Saturday, נטל היפה שבכוכבי הלכת - שבתאי (סטורן).

לקראת סוף המאה ה-16, חל שינוי בתפיסה לגבי תנועת כוכבי הלכת בשמיים. אחד האחראים לשינוי היה ניקולאוס קופרניקוס, כומר ורופא, שבשעות הפנאי שלו עסק בתצפיות על גרמי השמיים. חלק ניכר מזמנו הוא הקדיש לכוכב הלכת מאדים, שלהפתעתו הרבה שינה את עוצמת אורו עם הזמן. קופרניקוס הגיע למסקנה שהשמש היא שנמצאת במרכז, ושכדור הארץ סובב סביבה, וכך גם מאדים ושאר

בגלקסיה שלנו, גלקסיית שביל החלב). כוכבי הלכת הנמצאים במערכת השמש שלנו יכולים להיראות רק ב-12 קבוצות כוכבים מסוימות - 'המזלות' שמישור המילקה חוצה אותם, ולעולם לא ייראו בקבוצות כוכבים אחרות. מאז תקופת הבבלים החלו האסטרונומים הקדומים לזהות את הדפוס האופייני של כל מערך כוכבים אופייני כזה, ולתת לכל 'מזל' שם מתוך המיתולוגיה היוונית, המשקף דמיון חזותי אסוציאטיבי

וכי יש שמשות שהן גדולות מהשמש שלנו ושמשות שהן קטנות ממנה. אנו יודעים גם שכוכבי הלכת (פלנטות) הם גופים הרבה יותר קטנים שסובבים סביב שמש. מכיוון שהם קטנים, לא מתקיימים בתוכם תהליכים גרעיניים (היתוך או מיזוג גרעיני), הם לא חמים ולכן הם אינם מאירים. אנו רואים אותם רק בזכות העובדה ששמש מאירה אותם.

אבות האסטרונומיה המודרנית היו היוונים, שפעלו מאות שנים לפני הספירה (מהמאה השישית לפני הספירה ועד למאה השנייה לספירה). בתקופה זו ניצקו רוב יסודות המדע - תיאוריות שהפכו לנכסי צאן ברזל והיו מקובלות עד תחילת המאה ה-17, כמעט אלפיים שנה מאוחר יותר. לתפיסת היוונים, כדור הארץ היה מרכז העולם, וכל שאר גרמי השמיים סבבו אותו במסלוליהם. היוונים הניחו שהשמש, הירח וחמשת כוכבי הלכת שהיו ידועים אז (כוכב חמה, נגה, מאדים, צדק ושבתאי) נעים בכיפת השמיים סביב כדור הארץ, כל אחד באופן המיוחד לו.

בתקופת היוונים הקדומים השתפר מאוד הידע האסטרונומי, וכבר היה ידוע שכוכבי הלכת, הירח והשמש נעים סביב רצועה צרה בשמיים, מה שמכונה היום **מישור המילקה**, מישור דמיוני שעליו סובב כדור הארץ את השמש.

שלא כמו כוכבי השבת הקבועים, כוכבי הלכת משנים את מקומם בין כוכבי השבת (ובין קבוצות הכוכבים המורכבות מכוכבי השבת). כוכבי הלכת חולפים על רקע כוכבי השבת שמרכיבים את קבוצות הכוכבים הנראים בשמי הלילה מכדור הארץ (כוכבי שבת אלה הם למעשה שמשות רחוקות הסמוכות יחסית לכדור הארץ ונמצאות



מסתכלים אל השמיים גן אשחר
בנס ציונה, בניהולה של הגנת רונית נחמיאס

שאלה: איך הירח נאיר? והכוכבים?
תשובה: הירח נאיר את אור השמש. הכוכבים הם שמשות, כדור חייזרים או גלקסיות. מכיוון שהם רחוקים מאוד, הם נראים לנו קטנים.

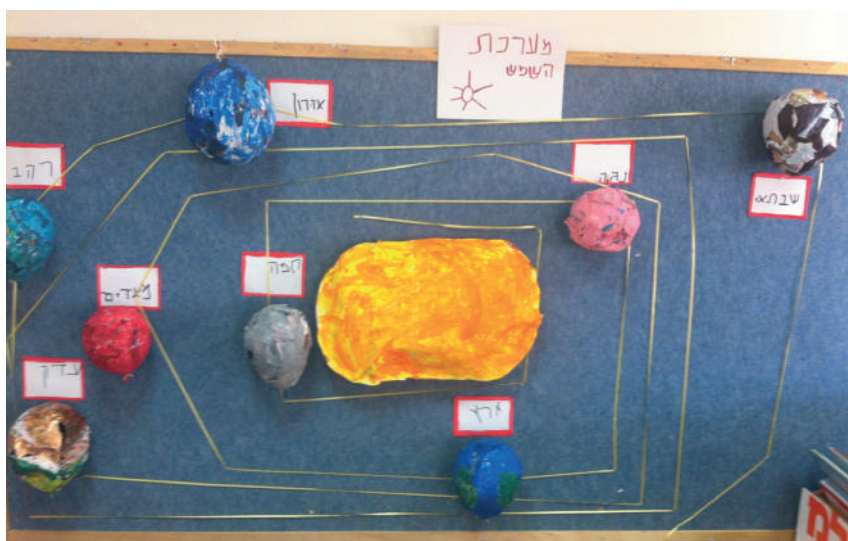
זורחות בכל יום מוקדם קצת יותר מהיום הקודם (כארבע דקות), וחוזרות למקום קבוע בשמיים בשעה מסוימת במחזוריות שנתית. כך, היו קבוצות כוכבים קבועות שהופיעו בשעות הערב בשמי הקיץ, וקבוצות אחרות שהופיעו בשמי החורף, ובכל שנה חזרו כל הקבוצות למקום מסוים בשמיים באותה שעה בדיוק. המחזוריות השנתית של קבוצות הכוכבים ומעקב אחר אורך צל השמש, המשתנה אף הוא בהתאם לעונה, אפשרו לקבוע את יחידת הזמן 'שנה'. קיימות שתי שיטות עיקריות להגדרת 'שנה' - שנת השמש ושנת הירח. שנת השמש נספרת לפי סיבוב מלא של כדור הארץ סביב השמש, ואורכה 365 ימים ומספר שעות. שנת השמש מדויקת יותר מבחינת מחזוריות עונות השנה משנת הירח. בשנת הירח 12 חודשי ירח, והיא כוללת כ-355 ימים. לכן, על מנת לוודא שעונות השנה והחגים יהיו תואמים תמיד ללוח השנה,

האטמוספירה שלהם. בעקבות הגילוי המהפכני על אודות טבעם של כוכבי השבת, התברר שהכוכבים המרכיבים את המזלות ושאר קבוצות הכוכבים המופיעות בשמיים, הם כולם שמשות, הדומות מאוד לשמש שלנו ונמצאות במרחקים עצומים הן מאיתנו והן זו מזו. את הידע האסטרונומי הרב שיש לנו כיום רכשנו בזכות טלסקופים רבי עוצמה וחלליות שנשלחות לכוכבי הלכת. היום אנו יודעים שכוכבי הלכת עשויים מחומרים זההים לחומרים הנמצאים בכדור הארץ, אך ריכוז החומרים הוא שונה והתנאים הפיזיקליים השוררים על פניהם גם הם שונים. המייחד את כל כוכבי הלכת היא העובדה שאין להם אור משלהם.

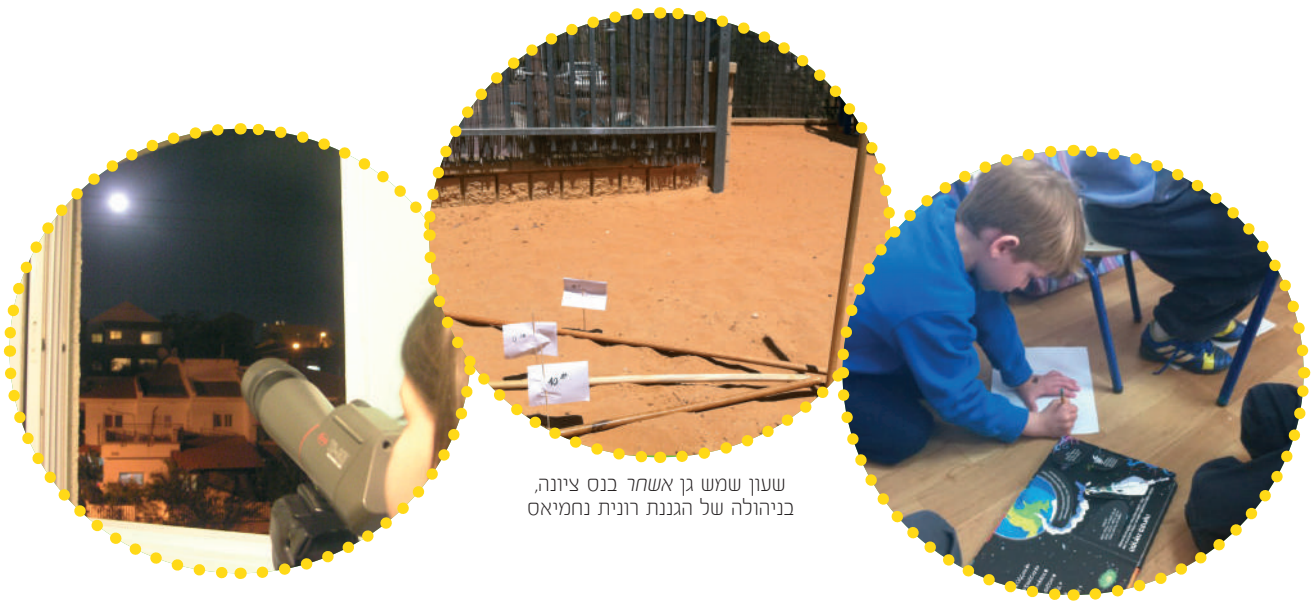
כוכבים ומחזוריות בזמן

אלפי שנים לפני הספירה, האסטרונומים הקדמונים שמו לב שקבוצות כוכבים

כוכבי הלכת. את מסקנותיו הוא פרסם בספר ששם את השמש במרכז העולם. החלפת הגישה הגיאוצנטרית היוונית (כדור הארץ במרכז) בתיאוריה ההליוצנטרית (השמש במרכז), לא עברה בקלות. היו לה מתנגדים רבים, אך גם תומכים. אחד מהתומכים היה גלילאו גליליי, שחי במאה ה-17. גליליי היה הראשון שהשתמש בטלסקופ לעריכת תצפיות אסטרונומיות. דרך עדשות הטלסקופ הבחין גליליי בגרמי שמיים שלא תאמו את תיאורם על ידי אריסטו. למשל, הוא ראה כתמי שמש, הרים על הירח ואת ירחיו של צדק. תצפיות אלה חיזקו בעיניו את התיאוריה ההליוצנטרית - השמש במרכז וכוכבי הלכת סובבים אותה. מסיבה זו הוא גם התעמת עם הכנסייה הנוצרית, שסברה שהשקפת עולם גיאוצנטרית מתאימה יותר לאמונה הדתית, ולכן ערכה לגלילאו משפט פומבי מפורסם. גזר הדין היה מעצר בית. מפחד הכנסייה, גלילאו חזר בו מדבריו באופן פומבי, אך המשיך לפתח את רעיונותיו בסתר. רק לקראת מותו אמר את המשפט המפורסם "ובכל זאת, נוע תנוע" - כשהוא מתכוון שכדור הארץ נע סביב השמש. הולדת האסטרופיזיקה (הפיזיקה של הכוכבים) וראשית הבנת טבעם של כוכבי השבת מיוחסת לפרידריך וילהלם בסל (המאה ה-19), אשר הצליח למדוד את המרחק בין כדור הארץ לכוכב שבת רחוק ששמו המדעי הוא 61 סגיני. המדידה התבצעה בשיטת הפַּרְלַקְסָה, שיטה גיאומטרית לחישוב מרחקים המבוססת על יצירת משולשים בין כוכבים. הולדת האסטרופיזיקה מיוחסת גם לאסטרונום בשם פרנהופר (המאה ה-19), שגילה את קווי הבלועה בספקטרום כוכבי השבת, תגלית שאפשרה לדעת את הרכב



דגם של מערכת השמש גן אשחר בנס ציונה, בניהולה של הגנת רונית נחמיאס



שעון שמש גן אשר בנס ציונה, בניהולה של הגנת רנית נחמיאס

האסטרונומיה (שפירושה המילולי 'חוקי הכוכבים'), העוסקת בהבנת תנועות הכוכבים ומאפשרת לחזות את מיקומם העתידי בכיפת השמיים, כולל מיקומם העתידי של כוכבי הלכת במזלות, שימשה כלי לצורך חיזוי אסטרונומי (אסטרונומיה = 'תורת הכוכבים'), כלומר, הענקת פירוש ארצי (דרך ההשפעה על אנשים) לאירועים השמימיים.

עם הידע הקיים היום, האסטרונומיה אינה נחשבת למדע יותר מקריאה בכף היד. אך עם זאת, לאסטרונומיה יש עדיין חסידים רבים. אסטרונומים רבים מוצאים את פרנסתם ב'חיזוי עתידות', למרות שאנשי המדע שבים ומוכיחים את חוסר אמינותה של האסטרונומיה.

עד כה סקרנו את התפתחות הידע בתחום גרמי השמיים על פני תקופה של למעלה מאלפיים שנה. הנושא גרמי שמיים ומזג אוויר מופיע כיום בתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בחינוך הקדם-יסודי (משרד החינוך, 2009), אך גננות רבות נמנעות מלעסוק בו עקב מורכבותו. הגנת רנית נחמיאס, מנהלת גן אשר בנס ציונה, לא נרתעה והחליטה לעסוק בנושא בצורה רחבה וחוייתית בעקבות הסקרנות שגילו הילדים כלפיו.

בשמי הלילה. גם לאחר גילוי המצפן (במאה ה-12 או ה-13) המשיכו הנוטים להשתמש בכוכבים לניווט, וזאת על מנת לקבוע את מיקומם על המפה. חשיבות הכוכבים בניווט פחתה כאשר נכנסו לשימוש מכשירי GPS, לפני כ-30 שנה.

מה בין אסטרונומיה אסטרונומיה ומדע?

אלפי שנים לפני הספירה, התצפיתנים הקדומים שמו לב לאירועים חריגים בשמיים שהתרחשו בסמוך למועד התרחשותם של אירועים משמעותיים על פני כדור הארץ. למשל, כוכב הלכת האדום מארס, הקרוי על שמו של אל המלחמה הרומי, הופיע בשמיים באופן בולט כאשר קרב עקוב מדם התחולל על פני האדמה.

במשך הזמן הצטבר ידע רב מסוג זה, והאסטרונומים החלו להישאל לגבי עתידם של מלכים, קרבות שעמדו להתחולל ושאר אירועים שעמדו ברומם של העולם העתיק, בנוסף לחיזוי עונות השנה וחישוב המועדים החקלאיים. בתקופה זו, האסטרונומים (הלומדים את התופעות השמימיות) הפכו לאסטרונומים (הנותנים פירושים ארציים לתופעות השמימיות). למעשה,

למשל כדי שחודש ניסן יחול תמיד באביב ולא בחורף, יש להכניס תיקון בספירה. התיקון נעשה על ידי הוספת חודש אחד לכמה שנים וקביעת שנה מעוברת.

כוכבים ונווטים הראשונים

הניווט הקדום התבסס על מיקום השמש, הירח וכוכבי השבת בשמיים. כאשר נמצאים בלב ים, אין אפשרות לדעת לאיזה כיוון יש לשוט כי לא רואים יבשה באופק. במצב כזה חשוב להתמצא בכיוונים - דרום, צפון וכו'. לפני שהמצפן התגלה, עקבו הנווטים הקדומים אחר תנועות גרמי השמיים ובעזרתן חישוב את הכיוון. למשל, ידוע שבימים מסוימים השמש זורחת בדיוק במזרח, ואילו בימים אחרים היא זורחת בזווית מסוימת מהמזרח. זווית הסטייה מהמזרח ניתנת לחישוב. כך, אם צופים בכיוון השמש בשעת הזריחה ויודעים מה התאריך, אפשר לחשב בדיוק את המזרח, ובעזרתו את כל שאר הכיוונים. כמו כן, התגלה שכוכב מסוים ממוקם בשמיים קרוב מאוד לכיוון צפון. כוכב זה קיבל את השם *כוכב הצפון*, ותרם מאוד לניווט בלילה. את *כוכב הצפון* אפשר לאתר לפי קבוצת העגלה הגדולה, שכוללת מאוד

שאלה: אחרים אנו שכדור הארץ הוא כדור שמסתובב כל הזמן. אם כדור הארץ הוא כדור, איך אנחנו לא נפלים ממנו? ואם כדור הארץ מסתובב כל הזמן, איך זה שאין לנו סתירות?
תשובה: כדור הארץ הוא גוף מאוד יחסית אליו. כל הגופים נמצאים על פני כדור הארץ ולא בתוכו, וכאם נחשבים לכיוון מרכז כדור הארץ. לכן, לא משנה איפה נהיה, תמיד 'למטה' יהיה כיוון מרכז כדור הארץ.



שאלה: איפה זה סוף העולם? לעולם יש סוף? ואם נלך בלי הפסקה, נגיע לשם?
תשובה: מכיוון שאין איים על כדור הארץ, אם נלך הרבה מאוד בכיוון מסוים, נגיע לבסוף לנקודה שממנה יצאנו.



בונים ביחד את שלד החללית
 גן אשחר בנס ציונה, בניהולה
 של רונית נחמיאס

**קבוצת ילדים בוגרים
 קיבלה משימה: לבדוק
 מהו כוח המשיכה ומי
 גילה אותו. הילדים
 בדקו באינטרנט
 והביאו ספרים על
 ניוטון. שמענו את
 האגדה המספרת
 כי בשנת 1666 ישב
 ניוטון הצעיר תחת עץ
 תפוחים, כשלפתע
 התנתק תפוח אחד
 קטן ונפל לארץ.
 נפילת התפוח גרמה
 לניוטון להבין כי
 קיים כוח הגורם לנו
 להישאר על פני כדור
 הארץ**

מכן הכרנו את שאר כוכבי הלכת במערכת
 השמש, ובסוף עסקנו בשמש ובירח.
 השאלות שהילדים שאלו על כדור הארץ
 היו בסיס מצוין להתחלת התהליך.

"איך אנחנו לא נופלים מכדור הארץ?"

קבוצת ילדים בוגרים קיבלה משימה:
 לבדוק מהו כוח המשיכה ומי גילה אותו.
 הילדים בדקו באינטרנט והביאו ספרים
 על ניוטון. שמענו את האגדה המספרת כי
 בשנת 1666 ישב ניוטון הצעיר תחת עץ
 תפוחים, כשלפתע התנתק תפוח אחד קטן
 ונפל לארץ. נפילת התפוח גרמה לניוטון
 להבין כי קיים כוח הגורם לנו להישאר על
 פני כדור הארץ. לאחר שהבנו את הגילוי
 של ניוטון, בדקנו אותו בעצמנו: הפלנו
 חפצים במשקלים שונים וראינו כי כולם
 נופלים לרצפה.
 הבנו שאנחנו לא נופלים מכדור הארץ
 בגלל שקיים כוח שמושך אותנו לקרקע.

"האם לעולם יש סוף?"

מבחינת הילדים, העולם הוא כדור הארץ.
 כלומר, השאלה של הילדים הייתה בעצם:
 "האם לכדור הארץ יש סוף?". הילדים
 כבר ידעו כי כדור הארץ הוא כדור. כדי
 לבדוק אם לכדור יש סוף, הבאתי לגן
 דגם של כדור הארץ, הנחנו עליו מכונית
 והסענו אותה על פני הכדור. הילדים ראו
 שהמכונית יכולה לנסוע בלי סוף. כלומר,
 לכדור אין סוף. בסופו של הניסוי אמרו
 הילדים כי אפשר ללכת וללכת ולעולם לא
 להגיע לסוף העולם, כי לעולם אין סוף.

"אם כדור הארץ מסתובב, איך אנחנו לא מרגישים?"

ליאור, ילד בן 5 מקבוצת הבוגרים, סיפר
 במליאה כי כדור הארץ מסתובב כל הזמן,
 גם סביב עצמו וגם סביב השמש. אורי, ילדה
 בת 4, שאלה: "אז איך אנחנו לא מרגישים?"

הכוכבים הם הילדים של הירח? ילדי גן אשחר שואלים, חוקרים ומגלים כוכבים בחלל

גן אשחר הוא גן חובה לילדים בגילאי 5-6,
 הנמצא בעיר נס ציונה. בגן משולבים גם
 ילדים עם לקויות שמיעה. נושא החלל
 מסקרן את ילדי גן אשחר באופן מיוחד. כבר
 בתחילת השנה שמתי לב שהילדים עסוקים
 בנושא בכל מוקדי הגן: הם בנו חלליות
 בקבוצות, ציירו חלליות בסדנה וטסו בהן
 לירח לעתים קרובות. לכן החלטתי לחקור
 את הנושא עם הילדים לאורך השנה.

השלב הראשון בתהליך היה לבדוק עם
 הילדים מה הם כבר יודעים ומה הם עוד
 רוצים לדעת. עבדתי עם הילדים בקבוצות
 קטנות ותיעדתי בכתב את השאלות שהם
 העלו. הילדים היו סקרניים מאוד, ושאלו
 שאלות רבות בנושא החלל בכלל וכדור
 הארץ בפרט:

- איך אנחנו לא נופלים מכדור הארץ?
- אם כדור הארץ מסתובב, איך אנחנו לא מרגישים?
- איך הירח מאיר? ולמה הוא משתנה כל הזמן?
- יש אנשים גם בכוכבים אחרים?
- איך מגיעים לירח? משהו כבר היה שם?
- האם לעולם (כדור הארץ) יש סוף?

השאלות בכל הקבוצות היו דומות
 והתחלקו לשני סוגים - שאלות שנבעו
 מסקרנות ושאלות שנבעו מחוסר ידע,
 שגרם לפחד ודאגה.

לאחר שאספתי את כל שאלות הילדים,
 ראיתי שעל סמך השאלות אפשר לבנות
 תהליך למידה מדורג שיעסוק בצורה
 מקיפה ונרחבת בידע הקיים בתחום,
 והחשוב מכל - יספק את סקרנות הילדים.
 התהליך נבנה כך שקודם עסקנו בכדור
 הארץ, כוכב הלכת שעליו אנו חיים, לאחר

1. גפן, י. (1974) [1996]. הכוכבים הם הילדים של הירח. תל אביב: דביר.

שאלה: למה קוראים למאדים ככה? כי הוא אדום?
תשובה: מאדים הוא אדום ולכן הוא נקרא כך. הצבע האדמדם נובע
 מ'אלודה' שנמצאת בקרקע המאדים.



איך לא כואב לנו הראש?" כדי לענות על שאלותיה של אורי בדקנו במקורות המידע שיש לנו בגן - ספרים, אינטרנט וחברות מידע, וגילינו שכדור הארץ אכן מסתובב סביב השמש וסביב צירו. למדנו שהקפה סביב השמש אורכת שנה שלמה, ושהסיבוב סביב הציר אורך 24 שעות. הבנו שמכיוון שאנו נמצאים על כדור הארץ ונעים יחד איתו, אנו לא מרגישים את התנועה הזו למרות שהיא מאוד מהירה. השונו את תנועת כדור הארץ לנסיעה ברכבת: הרכבת נוסעת מהר מאוד, אך הנוסעים ברכבת לא מרגישים את המהירות כי הם נעים יחד עם הרכבת.

"האם יש אנשים בכוכבים אחרים?"

לאחר שחשתי שהילדים כבר רכשו ידע רב על כדור הארץ שעליו אנו חיים, החלטתי להתבסס על השאלה "האם יש אנשים בכוכבים אחרים?" להכרת מערכת השמש, שכדור הארץ הוא חלק ממנה. עיינו במקורות המידע וראינו את מפת מערכת השמש. הכרנו את כוכב חמה, נגה, מאדים, צדק, שבתאי, אורנוס ונפטון. בדקנו את המרחק של כל אחד מהם מכדור הארץ ומהשמש, ובנינו דגם המתאר את המרחקים. לאחר מכן שוחחנו במליאה על התנאים הדרושים לקיום חיים. הילדים אמרו שחמצן, מים ומזון הם חיוניים מאוד ואי אפשר לחיות בלעדיהם. דבר נוסף שעלה לדיון הוא נושא הטמפרטורה והאור. דיברנו על כך שיהיה קשה מאוד לחיות במקומות חמים מדי או קרים מדי ובמקומות חשוכים. בדקנו במקורות המידע וגילינו שבכל הכוכבים במערכת השמש אין חמצן בכמות מספקת, אין מים במצב צבירה מתאים, וברוב הכוכבים שוררות טמפרטורות קרות מדי או חמות מדי לקיום חיים. ערכנו את

כל הנתונים שאספנו בטבלאות, והסקנו שחיים כמו שאנחנו מכירים יכולים להתקיים רק בכוכב ארץ - הכוכב שלנו.

"למה הירח משתנה כל הזמן?"

השלב הבא היה הכרת השמש והירח. משאלות הילדים הסקתי שהם מאוד סקרניים לגבי מופעי הירח השונים ותכונות השמש. התחלנו בשאלה: "למה הירח משתנה כל הזמן?". ביקשתי מהילדים לעקוב אחר מופע הירח במשך חודש שלם, ולתעד את השינויים על לוח השנה שבגן. בעקבות התייעוד שמנו לב שהשינוי הוא מחזורי: בתחילת החודש הירח צר, הוא הולך ומתמלא לקראת אמצע החודש, ואז שוב קטן. כאשר התייעוד הופיע על לוח השנה העברי בגן, לילדים היה קל מאוד להבין את ההיגיון שעומד מאחורי הדרך שבה בנוי לוח השנה. למדנו שהתופעה המעניינת הזו הייתה הבסיס ליצירת לוחות השנה הראשונים בעולם.

מצאנו במילון כי חודש נקרא גם ירח, מפני שהוא נמשך ממולד ירח אחד ועד למולד הבא. הבנו שלוח השנה העברי נבנה גם על פי השמש וגם על פי הירח; החודשים נקבעו לפי תנועת הירח ומחזור השנה נקבע על פי תנועת כדור הארץ סביב השמש.

"איך הירח מאיר?"

לאחר מכן שאלתי את הילדים: מה גורם לשינוי במופע הירח? האם הירח באמת 'מתכווץ' 'מתרחב'? שאלות אלה הובילו אותנו לעסוק בשאלת הילדים: "איך הירח מאיר?". ילדים שהיה להם ידע מוקדם, טענו כי הירח מואר על ידי השמש. כך, אנו רואים רק את הצד המואר של הירח שפונה אלינו, וחלקים שונים של הירח

מוארים במהלך החודש. המחשנו את תופעת שינוי מופע הירח באמצעות הדגמה שבה הילדים ייצגו את השמש, הירח וכדור הארץ. שלושה ילדים נבחרו להדגמה וכל אחד מהם קיבל אביזר שונה: השמש קיבלה שמש גדולה מקרטון ופנס, הירח קיבל ירח גזור מקרטון וכדור הארץ קיבל כדור בצבע כחול. בהדגמה, כל ילד שיחק את התפקיד המתאים:

השמש - עמדה במקומה;

כדור הארץ - הסתובב סביב עצמו וגם סביב השמש;

הירח - הסתובב סביב כדור הארץ.

ההדגמה הייתה מאוד מוחשית: הפנס שייצג את השמש האיר בכל רגע נתון חלקים אחרים מהירח ומכדור הארץ. כך הפכו התופעות להיות ברורות מאוד בעיני הילדים.

רצינו להעמיק ולבדוק עוד עובדות הקשורות לשמש. ידענו שכדור הארץ מסתובב סביב צירו, ושכל סיבוב אורך 24 שעות. על מנת להמחיש עובדה זו יצרנו בחצר הגן שעון שמש. תקענו מקל ארוך באזור המואר באור השמש, וסימנו את הצל שיצר המקל על האדמה. יצאנו לחצר כל שעה עגולה, בדקנו מה קורה וסימנו בכל פעם את המקום שבו נפל הצל. שמנו לב שמיקום הצל משתנה וכך גם אורכו. השינוי של מיקום הצל המחיש את העובדה שכדור הארץ מסתובב סביב צירו, וכתוצאה מכך משתנה מיקומה היחסי של השמש לאורך היום.

בדקנו בספרים וגילינו כי שעון השמש הומצא במצרים כבר לפני 5,000 שנה. גילינו גם שהמצרים היו הראשונים שחילקו את היממה ל-24 שעות, ולשעות יום ושעות לילה. באינטרנט ראינו תמונות של שעוני שמש עתיקים, שהיו מאוד דומים לשעון שלנו בגן.

לאחר שחשתי שהילדים כבר רכשו ידע רב על כדור הארץ שעליו אנו חיים, החלטתי להתבסס על השאלה "האם יש אנשים בכוכבים אחרים?" להכרת מערכת השמש, שכדור הארץ הוא חלק ממנה. עיינו במקורות מידע שיש לנו בגן וראינו את מפת מערכת השמש. הכרנו את כוכב חמה, נגה, מאדים, צדק, שבתאי, אורנוס ונפטון. בדקנו את המרחק של כל אחד מהם מכדור הארץ ומהשמש, ובנינו דגם המתאר את המרחקים



"אין מגיעים לירח?"

למרות שלילדים היה ברור שכדי להגיע לירח צריך חללית, שאלה זו סקרנה אותם מאוד. החלטנו לבנות חללית בגן. לצורך זה נדרש תכנון מוקדם, כגון בחירת החומרים ושרטוט המבנה. הילדים תכננו חלליות שונות, שרטטו אותן וחשבו על החומרים שבהם ירצו להשתמש. לאחר שבדקנו את כל החלליות שהילדים שרטטו, ראינו כי לכולן מבנה די דומה: החלק העליון מחודד והחלק התחתון הוא תא מרובע. החלטנו שכך תיראה החללית שלנו.

לאחר שנבחר הדגם חשבנו על החומרים. הילדים הציעו לבנות את החללית מחומרים קלים מפני שיהיה צורך להזיז אותה, והיה חשוב שהיא תהיה גדולה מספיק כדי שלפחות ארבעה ילדים יוכלו לטוס בה. בנוסף, הילדים החליטו שעליה להיות בצבע כסף, כמו החלליות האמיתיות שראינו בספרים.

בדיון שערכנו בקבוצה לקראת בניית החללית עסקנו בתכונות של חומרים. בדקנו את החומרים ברזל, זכוכית, עץ, נייר, קרטון ופלסטיק - חומרים זמינים שהילדים מכירים. החומרים שנבחרו היו פלסטיק, מפני שהוא עמיד וקל יחסית, ועץ, מפני שיש צורך לבנות שלד יציב שלא יתפרק ושלא יהיה כבד. שאר החומרים לא התאימו מפני שלא היו עמידים או כבדים דים. הילדים הציעו צעדה החיצונית, הכסף, של החללית יהיה עטיפות כסופות של חטיפים ורדיד אלומיניום (נייר כסף). ההחלטה שהתקבלה בקבוצה הובאה במליאה לאישור הילדים והתקבלה ברוב מוחלט.

לגן הוזמנו שני אבות שקיבלו את שרטוטי הילדים, וביחד איתם בנו את החללית מלוחות פלסטיק ומוטות עץ. לאחר שהחללית הייתה מוכנה ציפינו אותה בעטיפות בצבע כסף והוספנו את דגל ישראל בחזית.

"מישהו כבר היה שם?"

קבוצה נוספת קיבלה משימה אחרת: לבדוק האם מישהו כבר הצליח להגיע לירח. הילדים חזרו לגן עם סיפורה של אפולו

11, החללית הראשונה שנחתה על הירח. הילדים סיפרו כי ארצות הברית ורוסיה הן המדינות היחידות עד כה שהצליחות להנחית חללית על הירח.

"ומה עם ישראל?", שאלו הילדים. זו הייתה הזדמנות טובה ליצור קשר עם עמותת SpaceIL (ספייס איי אל)², שקמה במטרה להנחית את החללית הישראלית הראשונה על הירח. בעקבות יצירת הקשר הגיע לגן נציג של העמותה, אשר שיתף את הילדים במידע רב. למדנו שמטרת העמותה היא לשלוח חללית לא מאוישת, שתנחת על הירח ותנוע עליו למרחק של 500 מטר. הילדים התעניינו מאוד, וביקשו לדעת עוד על האתגרים בהנחת חלליות מאוישות ולא מאוישות על הירח. הנציג הסביר לילדים שכדי לנחות על הירח יש צורך בהרבה מאוד תכנון מוקדם מכמה סיבות ראשית, על הירח יש שטחים הרריים שקשה לנחות עליהם, ולכן צריך לחשב מראש את המסלול כדי לנחות על שטח מישורי דווקא. שנית, על הירח אין מספיק חמצן, יש אזורים חשוכים, אין מזון ושתייה וכוח המשיכה הוא נמוך. כמו כן, בתוך החללית אין כוח משיכה, ולכן צריך לחשוב איך מבצעים פעולות בסיסיות, דוגמת אכילה ושתייה. בנוסף, על החללית להיות יחסית קלה, כדי שיהיה לה קל לנוע על פני הירח.

בעקבות ההרצאה ששמענו והעובדות שלמדנו, התחלנו לתכנן את הטיסה שלנו לירח. למדנו ללכת בהליכת ירח, הכנו בלוני חמצן ומזון, שרטטנו מפות וציידנו את החללית במזון ושתייה. לאחר הכנות רבות יצאנו לטיסה הראשונה שלנו לירח.

סיכום

הטיסה לירח הייתה אמנם שיא של צפייה והתרגשות, אך לאורך כל השנה עברנו תהליך מקיף של למידה משמעותית. נושא החלל אינו פשוט להבנה למבוגרים, ועל אחת כמה וכמה לילדי גן. האתגר להסביר את תופעות הטבע הקשורות לגרמי השמיים בדרך מוחשית ומעניינת, שתתאים ליכולת ההבנה של ילדי גן, הוא גדול מאוד ולעתים גם מרתיע. לתחושת,

החיבור לסקרנותם הטבעית של הילדים, שהתבסס על שאלותיהם בתחום זה, היה הדרך הנכונה להפוך את התהליך לחווייתי ומשמעותי בעבורם, ומכאן נבעה הלמידה האמיתית של כולנו.

תודות

לילדי גן אשחר, להורים ששיתפו פעולה ותרמו זמן, ידע וספרות מקצועית, ולכל צוות הגן על התמיכה.

רשימת ספרות

משרד החינוך (2009). תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בגן הילדים ממלכתי וממלכתי דתי. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים. ירושלים: משרד החינוך. נדלה מתוך:

<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/PreSchool/Math/TochniyotLimodim/MadaTecnologiaBaGan.htm>



רוני מועלם, מנהל מצפה הכוכבים בטכנודע, חדרה. המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע.
דוא"ל: roni.mualem@weizmann.ac.il

רונית נחמיאס, מנהלת גן אשחר בנס ציונה, בוגרת השתלמות גננות מובילות מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה, מרכז דע-גן, בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר אילן.
דוא"ל: rmlot@walla.com

2. SpaceIL (ספייס איי אל) היא עמותה ללא כוונות רווח, שהוקמה בשנת 2011 במטרה להנחית את החללית הישראלית הראשונה על הירח. העמותה הוקמה על ידי שלושה מהנדסים - יריב בש, כפיר דמרי ויהונתן ויינטראוב - שנענו לאתגר התחרות העולמית Google Lunar X Prize, מרוץ בינלאומי להנחת חללית בלתי מאוישת על הירח. מבין 18 קבוצות מרחבי העולם שמשתתפות בתחרות, SpaceIL היא הנציגה הישראלית היחידה.

שאלה: למה כשרואים את כוכב ארץ
מהאדל? הוא בצבע כחול?
תשובה: כי רוב האנשים באים, ורואים
מאזורים את צבע השמיים הכחולים.