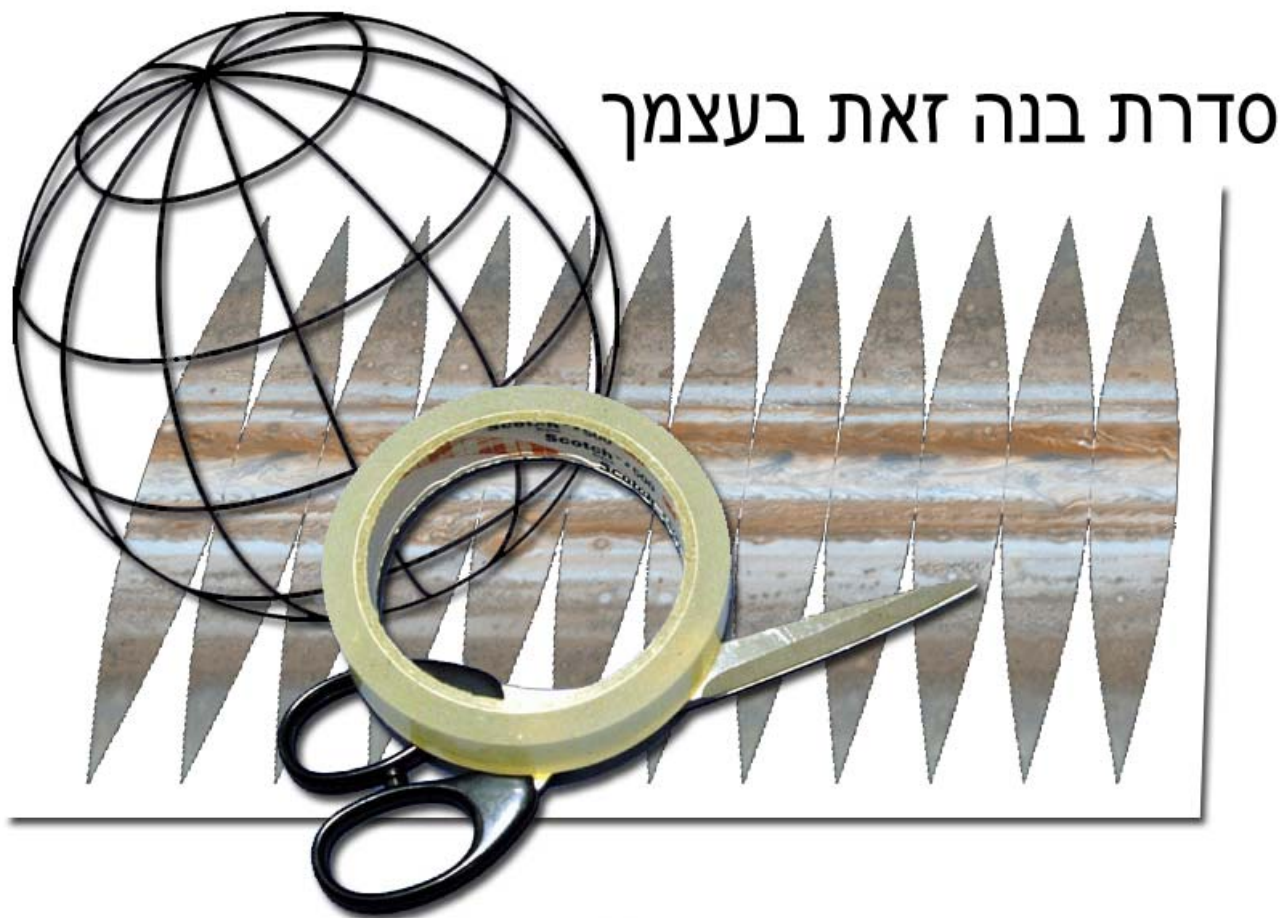


# TAU AstroClub

המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת תל-אביב

## ה"שכונה" של מערכת השמש



<http://astroclub.tau.ac.il>

# בנה לעצמך דגם של ה"שכונה" של השמש

המועדון האסטרונומי של אוניברסיטת ת"א  
<http://astroclub.tau.ac.il>

כל הזכויות שמורות למועדון האסטרונומי של אוניברסיטת ת"א - מותר לשכפל חוברת זו למטרות חינוכיות שאינן למטרת רווח. אסור למכור חוברת זו עבור תמורה ישירה או עקיפה. ניתן להוריד חוברת זו מדף ההורדות של המועדון האסטרונומי:

<http://astroclub.tau.ac.il/publications/>

הוכן ע"י: ערן אופק ואורלי גנת, המועדון האסטרונומי, אוגוסט 2007

זמן הרכבה משוער: 1 שעה.

---

---

## אודות המועדון האסטרונומי

המועדון האסטרונומי פועל משנת 1999 ומארגן בהתנדבות למען הקהילה, ע"י סטודנטים לתארים מתקדמים בחוג לאסטרופיזיקה ובחוג למדעים פלנטריים של אוניברסיטת ת"א, וע"י מתנדבים מחוץ לכותלי האקדמיה. המועדון מקיים פעילויות שמטרתן לחשוף את הציבור לאסטרונומיה בפרט, ולפיסיקה ומדעים בכלל, ולהנחיל ערכים מדעיים בקרב הציבור. כל פעילויות המועדון פתוחות לקהל הרחב ללא תשלום. פעילויות המועדון כוללות הרצאות בנושאי מדע, ימי עיון, תצפיות אסטרונומיות ואירועים מקוונים. המועדון מתחזק אתר אינטרנט פעיל, הכולל לוח אירועים אסטרונומיים שמימיים ופעילויות אסטרונומיות בישראל, אנציקלופדיה לאסטרונומיה, אסטרופיסיקה וחקר החלל, מפות שמיים, מאמרים וכלים אסטרונומיים. ההרצאות המתקיימות במסגרת פעילויות המועדון מצולמות בידאו וניתנות לצפייה באתר האינטרנט של המועדון.

למועדון האסטרונומי רשימת תפוצה בדואר אלקטרוני שאליה ניתן להצטרף דרך אתר האינטרנט. למנויים על רשימת התפוצה נשלחים עדכונים על פעילויות המועדון ואירועים אסטרונומיים נבחרים.

המועדון האסטרונומי נתמך ע"י בית הספר לפיסיקה, מצפה הכוכבים ע"ש וייז והחוג לגאופיסיקה ומדעים פלנטריים של אוניברסיטת ת"א.



<http://astroclub.tau.ac.il>

## הקדמה: כוכבים וכוכבי לכת

כשאנו מתבוננים בשמיים מאזור חשוך, נגלות לעינינו אלפי נקודות אור. רוב נקודות האור שניתן לראות בשמי הלילה, הן כוכבים: גופים כדוריים ענקיים, הדומים לשמש שלנו, ובליבותיהם מתחוללים תהליכים המפיקים אנרגיה רבה הגורמת להם להאיר. הסיבה לכך שהכוכבים נראים כנקודות אור חלשות, היא מרחקם העצום מאיתנו. לדוגמא, הכוכב הקרוב ביותר לכדור הארץ (מלבד השמש) נקרא פרוקסימה קנטאורי ומרחקו מכדור הארץ גדול פי 270,000 מאשר המרחק של השמש מכדור הארץ.

בין הכוכבים, ניתן לעיתים לראות מספר קטן של עצמים הקרויים כוכבי לכת (פלנטות, בלעז). עצמים אלו, בדומה לכדור הארץ, מקיפים את השמש שלנו בפרקי זמן של בין מספר חודשים לעשרות שנים. בניגוד לכוכבים (שמשות), אין להם אור עצמי משלהם – הם מחזירים את אור השמש הנופל עליהם. הסיבה לכך שאנו יכולים להבחין בכוכבי הלכת היא שהם מספיק קרובים אלינו. מכיוון שכוכבי הלכת מקיפים את השמש, מיקומם הנראה על כפת השמים (ביחס לכוכבים מרוחקים) אינו קבוע. מכאן נובע שמם - הם נראים כאילו הם "הולכים" בינות הכוכבים.

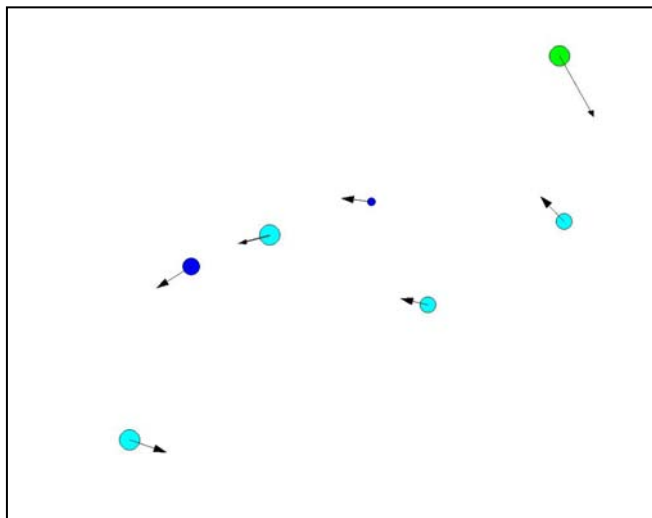
## כוכבים

כוכב הוא למעשה כדור גז גדול שבמרכזו שוררות טמפרטורות גדולות מ-8 מיליון מעלות צלסיוס. מעל טמפרטורה זו מתרחשות ריאקציות מיזוג גרעיניות, ההופכות יסודות קלים ליסודות כבדים (לדוגמא מימן להליום). כידוע אנרגיה איננה יכולה להיווצר יש מאין והיא צריכה להגיע על חשבון משהו. במקרה של השמש, כל שנייה היא מאבדת כ-4 מיליון טונות ממסתה. מסה זו הופכת לאנרגיה ש"מחלחלת" לעבר שפת הכוכב ומשם היא מגיעה אלינו בצורה של אור. הטמפרטורה בליבת השמש הינה כ-15 מיליון מעלות, והיא נמדדה באמצעות מספר שיטות בלתי תלויות זו בזו. לעומת זאת הטמפרטורה על שפת השמש היא "רק" כ-6000 מעלות.

הכוכבים אינם זהים זה לזה בעוצמת הארה שלהם ובטמפרטורה שלהם. שתי הסיבות הפיזיקליות החשובות ביותר שגורמות להבדלים בין הכוכבים הן מסתם וגילם של הכוכבים.

## גלקסיית שביל החלב

כמעט כל הכוכבים שניתן לראות בעין בלתי מצוידת, כולל השמש שלנו, נמצאים במערכת ענקית, שנקראת



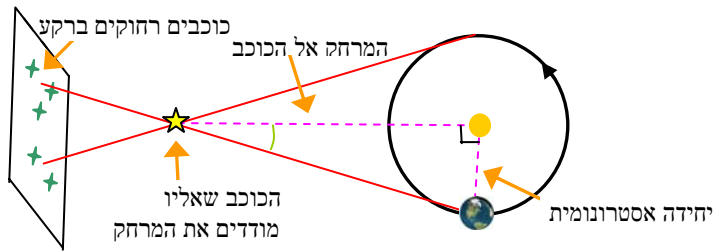
"גלקסיית שביל החלב", ובה כ-400 מיליארד שמשות. במרכז גלקסיית שביל החלב שוכן חור שחור ענקי שמסתו כ-3 מיליון מסות שמש. השמש שלנו מקיפה את מרכז הגלקסיה אחת לרבע מיליארד שנה והיא עושה זו במהירות של כ-200 ק"מ לשנייה. התנועה של השמש ושל שאר הכוכבים בגלקסיה סביב מרכזה של שביל החלב, מלווה גם בתנועה אקראית, וגורמים אלה מביאים לכך שהכוכבים למעשה משנים את מיקומם זה ביחס לזה על פני כפת השמיים. בפועל, כתוצאה מהמרחקים הגדולים בין הכוכבים, תנועה זו של הכוכבים על פני כפת השמיים, הקרויה "תנועה עצמית" (Proper Motion), היא קטנה מאד ויש צורך להמתין זמן רב על מנת להבחין בשינויים משמעותיים במיקומם של הכוכבים בשמיים. האיור משמאל מראה את מיקומם של

הכוכבים בקבוצת העגלה הגדולה כיום, והחיצים מראים את כיוון תנועתם של הכוכבים על פני כפת השמיים, כאשר קצה החץ מציין את מיקומם עוד כ-100,000 שנה.



<http://astroclub.tau.ac.il>

## מדידת מרחק לכוכבים



השיטה הבסיסית ביותר שבאמצעותה אנו מודדים מרחקים לכוכבים נקראת פרלקסה. בשיטה זו, אנו מודדים את מיקום הכוכב על פני כיפת השמיים ביחס לכוכבים הנמצאים במרחק רב ברקע, במקומות שונים לאורך מסלולו של כדור הארץ סביב השמש (ראה איור). ככל שהכוכב קרוב אלינו

יותר, יהיה השינוי הזוויתי הנמדד במיקומו גדול יותר. ניתן להדגים את השיטה על ידי פשיטת היד קדימה והתבוננות על האגודל פעם בעין שמאל ופעם בעין ימין: ניתן לראות מיקום האגודל משתנה ביחס לעצמים ברקע, וכל שנרחיק את האגודל מהעין שלנו כך יהיה השינוי קטן יותר. בהשאלה - עין ימין ועין שמאל משולות למיקומו של כדור הארץ בשתי נקודות שונות לאורך מסלולו סביב השמש, האגודל משול לכוכב שבמרחקו אנו מעוניינים, והעצמים ברקע לכוכבים רחוקים. בהתבסס על שיטה זו נהוג להגדיר יחידת מרחק אסטרונומית הקרויה פרסק. פרסק אחד הינו גובהו של משולש ישר זווית שאורך בסיסו הוא המרחק הממוצע בין כדור הארץ לשמש (מרחק זה קרוי יחידה אסטרונומית) וזווית הראש שלו שווה לשניית קשת אחת (שהיא 1 חלקי 3600 של המעלה).

יחידת מרחק נוספת שבה נהוג להשתמש היא שנת אור - המרחק שהאור עובר בשנה. פרסק אחד שווה ל-3.26 שנות אור, או ל-206,000 יחידות אסטרונומיות או ל-3 ואחריו 18 אפסים ס"מ. שיטת הפרלקסה מוגבלת ע"י יכולתנו למדוד זוויות קטנות. כיום ניתן למדוד באמצעותה מרחקים לכוכבים עד כמה מאות פרסק. בעשור הקרוב, באמצעות לוויינים חדשים יהיה ניתן למדוד את הפרלקסה לכוכבים רחוקים פי 100 מאלו שניתן למדוד כיום. שיטת הפרלקסה משמשת לכיול של שיטות אחרות למדידת מרחק ועל כן היא הבסיס בכיול סולם המרחקים ביקום.

## הכוכבים הקרובים לשמש

בקרב השמש מצויים מספר כוכבים, חלקם בהירים וחלקם כה חלשים עד שיש צורך בטלסקופ על מנת להבחין בהם. בטבלה הבאה תוכלו למצוא רשימה של כל הכוכבים שנמצאים במרחק של עד 10 שנות אור מהשמש. בטבלה מופיע שמו של הכוכב, מרחקו מהשמש (בשנות אור), סוגו הספקטרלי שמייצג את הטמפרטורה השוררת על פני השטח של הכוכב וכן בהירותו הנראית והמוחלטת. בהירות הכוכב נמדדת ביחידות בהירות הנהוגות באסטרונומיה הקרויות "דרגת בהירות" או "מגניטוד". בסולם זה, ככל שהכוכב בהיר יותר אזי המגניטוד שלו נמוך יותר. למשל בהירותו הנראית של הירח במילאו הוא כ-13- ואילו של הכוכב החיוור ביותר שבו ניתן להבחין בעין בלתי מצוידת באזור בו השמיים חשוכים מאד הוא +6. בניגוד לבהירות נראית שמציינת את הבהירות של העצם שנמדדת ע"י הצופה, בהירות מוחלטת מציינת את בהירות הכוכב אילו הוא היה במרחק של 10 פרסק מהצופה. עוד מופיעים בטבלה נתוני עזר שיעזרו לכם לבנות את הדגם של ה"שכונה" של השמש. צבע - מציין את צבעו של החרוז שמייצג את צבעו (או טמפרטורת פני השטח) של הכוכב, כאשר צבע לבן מתייחס לכוכבים חמים שטמפרטורת פני השטח שלהם גדולה מ-10,000 מעלות, צהוב לכ 5000 עד 6000 מעלות ואדום לכ 4000 מעלות. גודל מציין את גודלו היחסי של הכוכב (וכן של החרוז). Z Y X מציינים את מיקום הכוכב בס"מ במערכת צירים קרטזית (ביחס למישור גלקסיית שביל החלב) שבה מרכז הקרטון שעליו נתלים הכוכבים (ראה להלן) הוא בקואורדינטות 0 על 0 על 0 ואילו השמש היא ב 0 על 0 על 20 ס"מ.

שימו לב שרוב הכוכבים בטבלה הינם חלשים ולא ניתן לראותם בעין בלתי מצוידת. למעשה רוב הכוכבים בגלקסיה שלנו הינם כוכבים חלשים וקטנים מסוג זה. חלק מהכוכבים בטבלה חיים יחדיו בחלל ונקראים כוכבים כפולים או מרובים. לדוגמא סיריוס A וסיריוס B הינם מערכת כפולה שבה בני הזוג מקיפים זה את זה אחת ל 50 שנה.

מידע נוסף על גלקסיית שביל החלב, סוגים ספקטראליים, דיאגרמת הרצשפרונג-ראסל וכוכבים ניתן למצוא באסטרופדיה העברית של המועדון האסטרונומי:

<http://astroclub.tau.ac.il/astropedia/>



<http://astroclub.tau.ac.il>

## טבלה – הכוכבים הקרובים ביותר לשמש

Z	Y	X	גודל החרוז	צבע החרוז	בהירות מוחלטת	בהירות נראית	מרחק [שנות אור]	סוג ספקטרלי	שם הכוכב
[ס"מ]	[ס"מ]	[ס"מ]							
20.000	0.000	0.000	בינוני	צהוב	4.7	-26.73	0	G2V	השמש
20.036	-6.008	+5.939	קטן	אדום	15.49	11.05	4.22	M5e	פרוקסימה קנטאורי
20.037	-6.191	+6.120	בינוני	צהוב	4.38	0.01	4.35	G2V	אלפא קנטאורי A
20.037	-6.191	+6.120	בינוני	צהוב	5.71	1.34	4.35	K0V	אלפא קנטאורי B
17.110	+5.955	+9.957	קטן	אדום	13.23	9.55	5.98	M5	V2500 Oph
7.050	-7.800	-3.794	קטן	אדום	16.56	13.45	7.79	M6	CN Leo
5.076	-0.590	-6.799	קטן	אדום	10.48	7.48	8.20	M2Ve	HD95735
+36.599	+0.339	-4.205	קטן	אדום	15.47	12.57	8.56	M5.5e	UV Cet
+36.599	+0.339	-4.205	קטן	אדום	15.60	12.70	8.56	M5.5e	BL Cet
22.645	-12.429	-11.502	גדול	לבן	1.47	-1.43	8.57	A1V	סיריוס A
22.645	-12.429	-11.502	קטן מאד	לבן	11.34	8.44	8.57	DA2	סיריוס B
23.411	+3.688	+18.443	קטן	אדום	13.12	10.46	9.55	M4.5e	V1216 Sgr

### הוראות לבניית הדגם:

- ✓ רכשו בחנות סדקית חרוזים בגדלים שונים ובצבעים שונים (רצוי לבן, צהוב ואדום). כמו כן יש צורך בחוט דייג או כל חוט שקוף, דבק פלסטיק, סרגל (או נייר מילמטרי), וכן בפיסת קרטון בגודל 40 על 40 ס"מ.
- ✓ בדגם, כל כוכב, מיוצג על ידי חרוז, משתלשל בחוט דיג מפיסת הקרטון. אורך חוט הדיג מצוין ע"י הטור "Z" בטבלה. ואילו המיקום ביחס למרכז הקרטון שממנו יוצא חוט הדיג מצוין בטבלה ב "X" ו "Y". לכל כוכב התאימו את צבע החרוז לצבעו של הכוכב ואת גודל החרוז לגודלו של הכוכב.
- ✓ על מנת לסמן את המיקום על הקרטון שממנו יש לתלות את הכוכב, מדדו ממרכז הקרטון (הנקודה שממנה משתלשל השמש), את מיקומו של כל כוכב (X ו Y בטבלה). לסירוגין, ניתן להשתמש בנייר מילמטרי ובכך לחסוך את המדידות...
- ✓ במידה ואתם מעוניינים לשנות את קנה המידה של הדגם, כל שיש לעשות או להכפיל את הטורים XYZ בפקטור שמגדיל או מקטין את קנה המידה. בקנה המידה המצוין בטבלה שנת אור אחת שווה ל 2 ס"מ.
- ✓ חלק מהכוכבים בטבלה הינם כוכבים כפולים (לדוגמא סיריוס) או משלושים (לדוגמא אלפא קנטאורי). במקום לתלות את הכוכבים הללו על חוטים נפרדים, ניתן להדביקם זה לזה באמצעות דבק פלסטי ולתלותם על חוט בודד.

