

קורס הדפסת תלת מימד בחינוך- לאורה לזין

עבודה מסכמת

תכנון יחידת לימוד נתמכת הדפסת תלת מימד

מגישות: דנה, חן ואיריס

דצמבר 2017

מבוא:

תלמידי שכבה ה' אשר לומדים את נושא האסטרונומיה במסגרת שיעורי מדעים, לרוב מתקשים לתפוס את קנה המידה של כדור הארץ בפרט וכדור הארץ כחלק ממערכת השמש. על מנת להטמיע את קנה המידה וההבדלים בגדלים בין כוכבי הלכת במערכת השמש, התלמידים יתכננו וידיפסו את גרמי השמיים במערכת השמש של כדור הארץ. תוך שמירה על קנה מידה אמיתי. בעבודה זו יצטרפו התלמידים להכיר הן את מערכת השמש שלנו ולדעת כיצד לחשב את קוטר השמש והכוכבים תוך התייחסות לפרופורציה של כוכבי הלכת השונים. כמו כן יכינו התלמידים משטח הגשה יצבעו התלמידים את הדגם המודפס יכינו כרטיסיות מיידע ויצגו את הכל מול הכיתה. בסיום יניחו כל התלמידים את הדגמים על משטח קאפה שחור כל דגם במיקומו בהתאם לסדר הכוכבים.

- מקצועות שותפים מדעים מתמטיקה ואומנות
- שכבה ה- קבוצת מצטיינים.

סקירה כללית ורקע:

מדעים

מערכת השמש באנגלית (**The Solar System**): היא מערכת הגופים הקשורים כבידתית לשמש. היא כוללת את השמש, המהווה את רובה המכריע של מסת המערכת כולה, ואוסף גופים המקיפים אותה, אשר כוללים את כוכבי הלכת וירחיהם, שביטים, אסטרואידים, אבק, חגורת קייפר, הדסקה המפוזרת ועננת אורט.

מבנה

במרכז של מערכת השמש נמצאת השמש (**Sun**) שהיא הגוף הגדול והמסיבי ביותר במערכת השמש. השמש גדולה פי כמיליון בקוטרה ופי כ-300,000 במסתה מכדור הארץ. השמש היא הגוף היחיד במערכת שהוא מסיבי מספיק כדי לקיים תהליכי היתוך גרעיני בליבתה מה שמאפשר פליטה של אור וחום מפני השטח שלה והלאה.

שמונת הגופים הגדולים ביותר במערכת השמש, מלבד השמש עצמה, הם כוכבי הלכת. אלה הם, על פי סדר מרחקם ממנה: כוכב חמה (Mercury), נה (Venus), כדור הארץ, מאדים (Earth), צדק (Jupiter), שבתאי (Saturn), אוראנוס (Uranus) ונפטון (Neptune). ארבעת הראשונים (כוכבי הלכת הפנימיים) מכונים **כוכבי הלכת הסלעיים** או **כוכבי הלכת הארציים** והם מורכבים בעיקר מסילקטים, ואילו ארבעת האחרונים (כוכבי הלכת החיצוניים) מחולקים לשתי קבוצות: **כוכבי הלכת הגזיים** הכוללים את צדק ושבתאי ו**כוכבי הלכת הקרחיים** הכוללים את אוראנוס ונפטון. עצמים אלו הם כדורי גז ענקיים (העשויים בעיקר מימן והליום) ולכן מכונים גם "ענקי הגז". אוראנוס ונפטון מכונים גם "ענקי הקרח", משום ששכבת הגז העבה שלהם מקיפה גרעין גדול מאד של קרח וסיליקטים.

מלבד כוכבי הלכת, מקיפים את השמש גם גופים קטנים יותר. קבוצה אחת של גופים אלה הם האסטרואידים, שרובם (אך לא כולם) נמצאים בחגורת האסטרואידים, השוכנת בין מסלוליהם של מאדים וצדק. קבוצה נוספת מהווים השביטים, אשר מרביתם נמצאים בעננת אורט ובחגורת קייפר. (גופים נוספים במערכת הם לוויינים, הסובבים סביב כוכבי הלכת (כמו הירח של הארץ) וטבעות - אוסף של חלקיקי אבק, סלעים קטנים וקרח המקיפים כירחים קטנים את כוכבי הלכת החיצוניים. הטבעות המפורסמות ביותר הינן טבעותיו של כוכב הלכת שבתאי שאותן ניתן לראות גם בטלסקופים קטנים.

כוכבי הלכת מקיפים את השמש כמעט באותו המישור, הנקרא מישור מערכת השמש או מישור המילקה) בלעז. ecliptic: שם זה מקורו בליקויי חמה ולבנה, שמתרחשים כאשר הירח חוצה את מישור המילקה. השם כוכבי לכת (planets) ניתן להם משום שהם נעים על פני כיפת השמיים ביחס לשאר הכוכבים) כוכבי השבת, או. (stars אומנם גם הכוכבים נעים, אך מפאת מרחקם העצום תנועתם על פני כיפת השמיים היא איטית (ראו: תנועה עצמית (בעוד כוכבי הלכת הינם קרובים ועל כן הם נראים נעים ב"מהירות" על פני כיפת השמיים.

מבנה מערכת השמש ומרכיביה נובע בעיקר מהעובדה שהטמפרטורה יורדת ככל שמתרחקים מהשמש. כוכבי הלכת הסלעיים נמצאים באזורים הפנימיים בהם שררו טמפרטורות גבוהות יותר בעת היווצרות מערכת השמש. בטמפרטורה זו מולקולות רבות נמצאות במצב גזי (כמו חנקן מולקולרי, פחמן דו-חמצני, מים, מתאן ועוד) ולכן הן אינן יכולות להתגבש לכדי גוף מוצק. במרחק של 4-5 י"א מהשמש, הטמפרטורה נמוכה מספיק כדי לאפשר קפיאה (התמצקות) של חומרים אלו. מכיוון שכמות המוצקים גבוהה יותר (במקום אדי פחמן דו-חמצני יש קרח יבש למשל) יכלו להתגבש גופים רבים וגדולים יותר, שבשלב מאוחר ספחו גזים כמו מימן והליום (למימן והליום השכיחות הגבוהה ביותר ביקום) בתור מעטפת אטמוספרית רחבה. עדות למבנה זה הינה גופי הקרח שנמצאים בקצה המערכת (חגורת קייפר, השביטים המגיעים ממנה ועוד) לעומת הגופים הסלעיים (סיליקטים) בחגורת האסטרואידים הקרובה לשמש.

נתוני כוכבי הלכת

בטבלה מסוכמים נתוניהם של כוכבי הלכת במערכת השמש:

נתוני כוכבי הלכת בסדר מרחקם מהשמש												
שם	רדיוס ממוצע (ק"מ)	צפיפות (גרם לסמ"ק)	מסה (במסות הארץ)	חצי ציר ארוך של המסלול (י"א)	אקסצנטריות המסלול	נטיית המסלול (מעלות)	זמן הקפה (שנים)	זמן סיבוב עצמי (שעות)	זווית ציר סיבוב (מעלות)	ירחים	טבעות	אטמוספירה
כוכב חמה Mercury	2,439.7	5.427	0.055	0.387	0.205	7.005	87.969 ימים	58.646 ימים	2.11	אין	אין	אין
נה Venus	6,052	5.204	0.815	0.723	0.0068	3.395	224.701 ימים	243.018 ימים	177.3	אין	אין	יש
כדור הארץ Earth	6,378.1	5.515	1	1	0.0167	0	365.256 ימים	23.934	23.4	1	אין	יש
מאדים Mars	3,396.2	3.934	0.107	1.524	0.093	1.850	1.881	24.623	25.19	2	אין	יש
צדק Jupiter	71,492	1.326	317.8	5.204	0.049	1.305	11.86	9.925	3.13	63	יש	יש
שבתאי Saturn	60,268	0.687	95.152	9.582	0.056	2.485	29.66	10.57	26.73	60	יש	יש
אוראנוס Uranus	25,559	1.318	14.536	19.229	0.044	6.48	84.017	17.24	97.86	27	יש	יש
נפטון Neptune	24,764	1.638	17.147	30.104	0.011	1.77	164.79	16.11	28.32	13	יש	יש

כוכב חמה



כוכב הלכת חמה כפי שצולם ע"י החללית מרינר 10 של מנאס"א, בשנת 1974.

חמה) באנגלית (Mercury) הינו כוכב הלכת הקרוב ביותר לשמש. מרחקו מהשמש 0.4 י"א ומסתו 0.055 בלבד ממסת כדור הארץ. זהו כוכב הלכת הקטן ביותר במערכת השמש, עם קוטר של כמעט 5,000 ק"מ, והוא מורכב בעיקר ממתכות וסיליקטים. אין לו לוויינים ומסלולו מסונכרן עם סיבובו העצמי כך ששלושה ימים מקומיים, שכל אחד אורכו כ-57 [יממה שמשית וימים ארציים]], שווים לשנתיים מקומיות, כאשר כל שנה אורכה כ-88 ימים ארציים. עקב קרבתו של חמה לשמש, הטמפרטורה המקסימלית על פני כוכב הלכת יכולה להגיע לכדי 700 מעלות קלווין) כ-430 מעלות צלזיוס. (בגלל הטמפרטורה הגבוהה ומסתו הנמוכה, כוכב חמה אינו יכול להחזיק אטמוספירה משמעותית. מפאת קרבתו של כוכב הלכת חמה לשמש, מסלולו מושפע מאפקטים שנובעים מתורת היחסות הכללית של אינשטיין (ראה גם הפרסציה של הפריהליון של כוכב הלכת חמה

נגה



כוכב הלכת נגה כפי שצולם ע"י החללית גלילאו של נאס"א.

נגה) באנגלית (Venus) נמצא במרחק של 0.7 י"א מהשמש ואין לו לוויינים. הוא סובב סביב צירו בכיוון הפוך משאר כוכבי הלכת ופרק הזמן שבו הוא משלים סיבוב סביב צירו, 243 ימים ארציים, גדול ממשך הקפתו את השמש (225 ימים ארציים). כוכב לכת זה הוא תאומו של כדור הארץ מבחינת גודל (קוטרו 0.95 מזה של הארץ) ומסה (0.8 ממסת כדור הארץ) אך שונה בתכלית מבחינת התנאים על פני השטח. האטמוספירה העבה של נגה יוצרת לחץ אטמוספרי הגדול פי תשעים מהלחץ על פני כדור הארץ. כמו כן, משמשת האטמוספירה כ"שמיכה" וגורמת לאפקט חממה יוצא דופן, האחראי לכך שהטמפרטורה על פני השטח יכולה להגיע לכדי 735 מעלות קלווין) כ-460 מעלות צלזיוס, (מה שהופך את נגה לכוכב הלכת עם טמפרטורת פני השטח הגבוהה ביותר במערכת השמש.

ארץ



כוכב הלכת ארץכפי שצולם ע"י החללית אפולו 17 של נאס"א.

כדור הארץ באנגלית, **Earth** כוכב הלכת עליו כולנו חיים, נמצא במרחק ממוצע של מעט יותר מיחידה אסטרונומית אחת מהשמש (כ 150 מיליון ק"מ). הארץ הוא כוכב הלכת בעל צפיפות המסה הגבוהה ביותר והקוטר הגדול ביותר מבין כוכבי הלכת הסלעיים הפנימיים. הוא עשוי בעיקר מברזל וסיליקטים, ובעל אטמוספירה המכילה ברובה חנקן, חמצן ופחמן דו-חמצני. לכדור הארץ לוויין יחיד הירח, שמסתו קטנה פי 81 ממסת הארץ. עקב יחס הגדלים ביניהם, יש הרואים בארץ ובירח מעין מערכת של כוכב לכת כפול.

מאדים



כוכב הלכת מאדים כפי שצולם ע"י טלסקופ החלל של האבל, נאס"א.

מאדים) באנגלית (**Mars**) נמצא במרחק 1.5 י"א מהשמש ומסתו כעשירית ממסת כדור הארץ. צבעו האדום נובע מתחמוצות של ברזל (מעין "חלודה") המכסות את פניו. למאדים שני לוויינים קטנים (יחסית לירח - (פובוס ודיימוס. האטמוספירה שלו דלילה (לחץ של כ-7 מיליבאר בלבד על פני השטח) ומורכבת בעיקר מפחמן דו חמצני. על פני מאדים ישנן עדויות לפעילות גאולוגית שהתרחשה בעבר, בצורת הרי געש. ההר הגדול ביותר מבין כל ההרים על פני כוכבי הלכת במערכת השמש, הוא **הר האולימפוס** (באנגלית **Mount Olympus**) המתרומם לגובה של כ-27 קילומטר מעל פני השטח של מאדים. לשם השוואה, הר אוורסט, ההר הגבוה ביותר על כדור הארץ, הוא בגובה של קצת פחות מתשעה קילומטרים.

צדק



כוכב הלכת צדק כפי שצולם ע"י טלסקופ החלל של האבל, נאס"א.

צדק) באנגלית (**Jupiter**) הוא כוכב הלכת הגדול ביותר במערכת השמש, הנמצא במרחק ממוצע של 5.2 י"א מהשמש. מסתו היא כאלפית ממסת השמש וכ-318 פעמים מסת כדור הארץ. מסתו של צדק גדולה פי שניים וחצי ממסתם המשותפת של כל שאר הגופים במערכת השמש, מלבד השמש עצמה. במידה ומסתו היתה גדולה בערך פי ששה אזי הלחץ הפנימי שבתוכו היה גבוה מספיק בכדי לאפשר היתוך גרעיני של מימן כבד (ראו: ננס חום). (צדק מורכב בעיקר ממימן והליום. יש לו 63 לוויינים ידועים, כאשר הגדולים שבהם) גנימד, קליסטו, איו ואירופה) דומים לכוכבי הלכת הפנימיים: יש להם אטמוספירה ונצפתה עליהם פעילות וולקנית.

שבתאי



כוכב הלכת שבתאי, כפי שצולם ע"י החללית קאסיני. (2004)

שבתאי) באנגלית, (**Saturn**) נמצא כ-9.5 י"א מהשמש ומסתו גדולה פי כ-95 ממסת כדור הארץ. כוכב לכת זה ידוע בעיקר בשל טבעותיו, המורכבות מחלקיקים שגודלם נע בין מטרים ספורים לחלקיקים מיקרוסקופיים. לשבתאי יש 60 לווינים, כאשר המיוחד מביניהם הוא טיטן, המראה סימנים לפעילות גאולוגית ויש לו אטמוספירה משמעותית.

אוראנוס



כוכב הלכת אוראנוס, כפי שצולם ע"י החללית וויאג'ר 2. (1986)

אוראנוס) באנגלית (**Uranus**) נמצא במרחק 19.6 י"א מהשמש ומסתו היא פי 14 ממסת כדור הארץ. אחד הדברים שמיוחדים באורנוס הוא שהוא מקיף את השמש נטוי על צידו, כלומר ציר הסיבוב שלו סביב עצמו כמעט מאונך למישור הסיבוב שלו סביב השמש. לאורנוס יש 27 לווינים. הגדולים מביניהם הם טיטניה, אוברון, אריאל, מירנדה ואובריאל.

נפטון



כוכב הלכת נפטון, כפי שצולם ע"י החללית וויאג'ר 2. (1989)

נפטון) באנגלית (**Neptune**) סובב את השמש במרחק של 30 י"א ומסתו היא פי 17 מזו של כדור הארץ. לנפטון יש 13 לווינים, שהגדול בהם הוא טריטון. (מתוך : אסטרופדיה, אנציקלופדיה לאסטרונומיה, אסטרופיזיקה ומדעי החלל)



נושאי לימוד במתמטיקה:

קנה מידה-

"קנה מידה" עוסק במקרים שבהם יש צורך לייצג את המציאות בדרך כלשהי, על פי רוב בהקטנה, השאיפה היא לייצג את המציאות באופן מדויק, ואולם לעתים אין זה אפשרי: לדוגמה, אי-אפשר להכין סרטוט של עיר בממדים האמיתיים שלה, וגם אין מכינים סרטוט של בית או מבנה כלשהו בממדיהם האמיתיים. בכל המקרים האלה משתמשים בהקטנה, וכדי שהמציאות תיוצג בדיוק מרבי, מקפידים שהיחס בין האורכים השונים בייצוג יהיה בדיוק אותו היחס הקיים בין אופן דומה כאשר עצם מסוים במציאות הוא קטן מאוד, אפשר להגדיל אותו בייצוג. האורכים חשוב מאוד להקפיד על הקטנה והגדלה באופן קבוע לכל הדגמים.

במקרה שלנו חישוב קנה המידה הוא חלוקה גודל הכוכב במאה אלף ולאחר מכן הכפלת התוצאה ב 4

הכרת המושגים: רדיוס קוטר

שטח כדור

נוסחא לחישוב שטח פנים של כדור: 4 פאי רדיוס בריבוע

$$4\pi r^2$$

בטבלה בדף העבודה מצאו התלמידים את הרדיוס של כל כוכב ומכאן ימצאו את גודלו של כל כדור ויקטינו אותו בהתאמה לאופן שבו הקטינה המורה את הכוכב לדוגמא- השמש

בסיס להשוואה בקנה מידה השמש תהיה הבסיס להשוואה וממנה נצא אל יתר הכוכבים. גודל השמש בדגם יבוצע ע"י המורה. גודלה במציאות 1.39 מיליון ק"מ. נדון עם התלמידים ונגיע לתוצאה אחרי ניסוי ותהייה באיזה קנה מידה עלינו להקטין את השמש ובסיס זה יהיה אחיד ליתר הכוכבים. על מנת שנוכל לתת ייצוג גם ליתר הכוכבים.

הצעה שלנו:

לחלק את הקוטר ב 100,000 וכפלנו את התוצאה ב 4 על מנת שיתר הכוכבים שאותם נדפיס יהיו בגדלים שבין 2-5 ס"מ קוטר.

מטרות לימודיות:

בתחום המדעים:

התלמידים יכירו את מרכיבי מערכת השמש ויבנו דגם להמחשת מבנה מערכת השמש, תוך התייחסות לגודל הגופים, המרחק ביניהם, מיקומם זה ביחס לזה.

בתחום המתמטיקה:

התלמידים יכירו את המושגים רדיוס קוטר וידעו לחשב שטח כדור, קנה מידה חילוק וכפל

בתחום האומנות:

התלמידים יתנסו בערבוב צבעים שימוש בחומרי מילוי והגבהה על מנת להגיע לצורות פני שטח וצבע תואמים לכוכב

מטרות נוספות:

התלמידים יתנסו בעבודת צוות.

תחום הדפסת תלת מימד:

התלמידים יתכננו ויעצבו את כוכבי הלכת בתוכנת tinkercad ולאחר מכן ידפיסו אותו

התלמידים ידעו למקם את הכוכב שלהם שלהם על הדגם בהתאם למרחק מהשמש כדור הארץ

תכנון יחידת הלימוד-

יחידת הלימוד מתאימה לתוכנית הלימודים בשכבה ה', במסגרת לימודי אסטרונומיה- מדעי כדור הארץ והיקום. היחידה תארך 7-8 שיעורים

מספר השיעור	מטרה	מהלך השיעור	ציוד ועזרים
1	חזרה על נושא מערכת השמש	צפייה בסרטון המתאר את מרכיבי מערכת השמש. הסבר כללי על כל כוכב מבנה גודל תכונות ייחודיות. מרחק מכדור הארץ. התלמידים יחולקו לשמונה צוותים. כל צוות יקבל שם של כוכב לכת אותו יצטרכו לבנות לפי קנה מידה מתאים ביחס לשמש שהודגמה בשיעור קודם. התלמידים יקבלו דף חקר, עליהם לחפש מידע באינטרנט ולמלא את דף העבודה. (איסוף מידע אודות גודל הכוכבים, מרחקם מהשמש ומבנה כללי)	מקרן מחשב אינטרנט לפחות 10 מחשבים לחיפוש מידע דף עבודה לתלמיד.
2	הקניה והמשגה במתמטיקה	קנה מידה קוטר רדיוס נפח יחידות מידה	כלי מדידה מחשבוני
3	תכנון ובנייה של השמש	במליאה בכיתה נגדיר את גודלה של השמש על מנת לחשב קנה מידה ליתר הכוכבים. נדון ונעלה אפשרויות לאיזה מימדים עלינו להקטין את השמש, באיזה קנה מידה נשתמש על מנת שיהיה תקף לכל הכוכבים שיהיה להם גודל נכון להדפסה. ההצעה שלנו היא: נשתמש בכדורבולון בקוטר מותאם אשר ישמש כוכב המוצא ליתר הכוכבים. (חישבנו את הגודל כך ששאר הכוכבים יודפסו בגדלים של 2-5 ס"מ) דיון והחלטה כיתתית על אופן הצגת הדגם	מקרן מחשב אינטרנט כדורבולון בקוטר מתאים כלי מדידה מחשבוני
4-5	תלמידים עובדים בצוותים מתכננים ומעצבים את כוכבי הלכת ב tinkercad	התלמידים יעצבו את הכוכב לפי מידותיו בקו המשווה ובקטבים ויוסיפו אמצעי זיהוי עיקריים כמו טבעות היקפיות או הרים ומכתשים משמעותיים על הכוכב.	לפחות 8 מחשבים+ אינטרנט מדפסת תלת מימד דיו בצבעים שונים
	הכנת כרטיסיית מידע על הכוכב	כעבודת בית יכינו התלמידים כרטיס מידע על הכוכב שלהם. כל כרטיס יוצמד לכוכב על הדגם	כרטיסיות אחידות לחלוקה לכל קבוצה
6	צביעת המודלים	התלמידים יצבעו ויעצבו את התוצרים ויוסיפו פרטים לפי צורך. פרטים המאפיינים את כוכב הלכת שלהם כך שיתאים לצורתו החיצונית כפי שנצפה בחלל. נציגי קבוצות יכינו את משטח הקאפה ואת השמש	חדר אומנות צבעים אקריליים מכחולים 20 כוסות חד"פ חומר מילוי (ג'סו)
7-8	הרכבת מודל מערכת השמש	במליאה בכיתה כל קבוצה תציג את הכוכב שלה ותסביר עליו לאחר מכן נניח את השמש על משטח. (את המשטח ואת השמש הכינו נציגים מכל קבוצה) נחשב ונסדר את יתר הכוכבים על אותו המשטח לפי מרחקם המקורי מהשמש.	קאפה שחורה סקוטשים זכר ונקבה. לורד כסוף

דף חקר - פרטים מזהים כוכבי לכת

שם הכוכב: _____ שמות ילדי הקבוצה: _____

קטגוריה	נתונים	הערות
רדיוס בקו המשווה		
קוטר בקו המשווה		
רדיוס בקטבים		
קוטר בקטבים		
אמצעים חזותיים נוספים של הכוכב		
ציירו את הכוכב כפי שהייתם רוצים לעצב אותו ב tinkercad וצבעו אותו על מנת שיהיה דומה ככל שניתן למציאות		

דף עבודה עצמית ואיסוף מידע: 15%

עבודה קבוצתית ושיתוף פעולה: 20%

מראה התוצר התאמתו הנכונה לקנה המידה כרטיסיית מידע: 30%

יצירתיות: 10%

הצגת הדגם והסבר: 15%

שליטה בתכנון והדפסת תלת מימד: 15%

מקורות מידע:

ויקיפדיה

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%A2%D7%A8%D7%9B%D7%AA_%D7%94%D7%A9%D7%9E%D7%A9

חוזר מפמ"ר להוראת המדעים:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaTechnologya/yesodi/limidim.htm

ספרי לימוד במתמטיקה

אתרי מתמטיקה

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

בניית דגם של מערכת השמש: <https://bareket-astro.com/solar-system/solar-system-model-in-real-size-ratio-aspect.html>

הדגם אותו בחרנו להציג:

כוכב צדק

גודלו במציאות: רדיוס 71492

הכפלנו ב2 בכדי לקבל קוטר

את התוצאה חילקנו במאה אלף וכפלנו בארבע

הגודל שקיבלנו הוא כדור בקוטר: 5.7

הדפסנו אותו ולאחר מכן צבענו

דוגמאות אפשריות להצגת תוצרים:

