

תחרות נאמני פיסיקה על שם ערן כוכבי ז"ל

ד"ר איליה מזין, בית הספר התיכון מכבים-רעות, תכנית רוטשילד-ויצמן למצינות
בהוראת המדעים

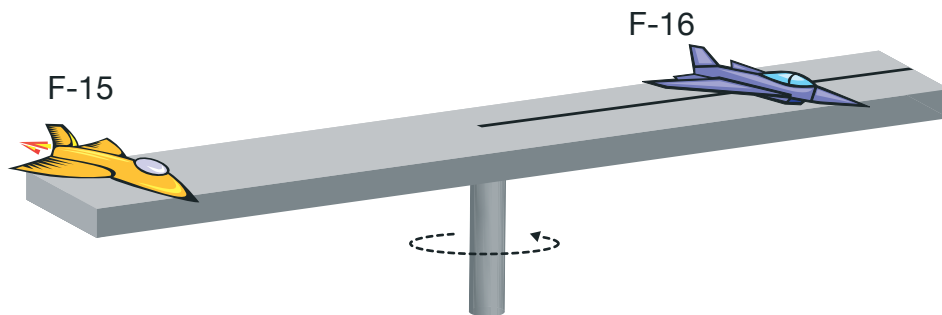


מבוא

ערן כוכבי, נער מבריק ותלמיד למופת, נהרג בשנת 2004 בתאונת דרכים. ערן כמו שלושת אחיו היה תלמיד שלי והתייחס לפיסיקה כאל מקצוע ראשי וחשוב ביותר בין מדעי הטבע. הוא השקיע זמן רב בתנועת הצופים כמדריך. תנועת הצופים היוותה בית שני עבורו. הוא השקיע רבות גם בספורט ובלימודים והכין את עצמו, במיוחד במהלך לימודיו בכיתות י"ב, לקורס טייס. גם בשיעורי פיסיקה הביע את רצונו להיות טייס בצורה יצירתית למדי. ניתן לראות זאת גם בתרגיל שאותו כתב ערן בעצמו כאשר היה בכיתה י"א. אני מצרף אותו למאמר כלשונו:

"מוט אחד שאורכו L , בעל מסה M , הונח על מישור האופקי לרצפה וחובר במרכזו לציר המאונך לרצפה. המוט חופשי להסתובב סביב הציר ללא חיכוך.

לקצה המוט חוברו שני מנועי סילון סופר משוכללים (שנלקחו בהשאלה מצה"ל) חסרי מסה וגודל (נקודתיים). המנוע F16 יכול לנוע על מסילה לאורך המוט. גודל הכוח שהמנועים מפעילים הוא שווה ($F_{15}=F_{16}=F$).

"

א. כתבו משוואה שתביע את התאוצה הזוויתית של המוט כפונקציה של x (המרחק של F16 מקצה המוט). נתון:

$x(m)$	$\alpha(rad/sec^2)$
0.2	2.4
0.3	3.6
0.5	6
0.6	7.2
0.8	9.6
0.9	10.8

ב. סרטטו גרף של α כפונקציה של x .

ג. נתון: $F_{15}=F_{16}=5L^2$

מצאו את מסת המוט.

ד. הסבירו מדוע משתנה התאוצה הזוויתית של המערכת כשהמיקום של המנוע משתנה.

ה. מהו גודל הכוח הנורמלי שמפעיל הציר על המוט? האם הוא משתנה? הסבר.

ו. מה יקרה כאשר x יהיה שווה ל- $L/2$? מה תהיה התאוצה הזוויתית?

תרגיל זה היה אחד ממקורות ההשראה שלי כאשר בניתי תכנית המאפשרת אינטראקציה בין תחומי עניין שונים של תלמידיי ובין עקרונות הפיסיקה.

ערן נהרג בדרך מהצופים הביתה לאחר שכבר עבר בהצלחה את הגיבוש לקראת קורס הטייס, בערב שלפני מבחן הבגרות בפיסיקה, במרחק של כמה מאות מטרים מבית הספר שבו למד. הוא הגיב להתנהגות פרועה של נהג אחר. סטה מהכביש כדי לא לפגוע בו והתרסק לתוך עץ שעמד בשולי הדרך.

אדם חי כל עוד זוכרים אותו. חיפשתי דרך להנציחו. אני כמורה לפיסיקה שמלמד כבר שלושים שנה, חשבתי שאין דרך טובה יותר מאשר קשירת שמו של ערן לפרויקט שהוא היה חלק ממקורות ההשראה שלו. החלטתי יחד עם משפחתו ובתמיכת בית הספר, להכריז על פרויקט "תחרות נאמני הפיסיקה" המתוארת במאמר זה כפרויקט על שמו של ערן כוכבי.

רקע ורציונל

תחרות "נאמני הפיסיקה" היא פרויקט שהחל לפני חמש שנים בתיכון מכבים רעות.

במסגרת התחרות מתבקשים התלמידים להציג ולהסביר את הנושאים השונים הנלמדים בתכנית הלימודים בפיסיקה באמצעות הקשר שלהם לתחומי דעת שונים ולחיי היום-יום. ההשתתפות בתחרות פתוחה בפני כל התלמידים בחטיבה העליונה של התיכון וחלק מתלמידי חטיבת הביניים.

היוזמה היא ניסיון חיפוש אחר דרך יצירתית לקירוב לבבות של תלמידים ותלמידות למקצועות מדעיים בכלל ולפיסיקה בפרט. בכנסים והשתלמויות של מורים לפיסיקה ושל מועמדים למסלולים טכנולוגיים יוקרתיים בצבא כמו: תלפיות, פסגות, ברקים, שחקים וכו' מתקבלת תמונה שמחזקת ותומכת בהשערה שחייבים להשקיע ולמצוא דרכים מגוונות להשגת מטרה זו.

התחרות מאפשרת גילוי של פוטנציאל סמוי אצל תלמידים שלא נחשפו בעבר לתחום הפיסיקה, להכירו דרך יצירת זיקה לתחומי דעת שונים וסינרגיה ביניהם.

התחרות שנחווית כמשחק מהנה היא דרך עקיפה לעיסוק בתכנים חשובים ורציניים.

במהלך חמש השנים שבהן מתקיימת התחרות, היא מוכיחה את עצמה כפרויקט שיש לו כוח לגעת באנשים רבים מגילאים שונים ולגרות אותם להתנסות ברזי הפיסיקה. בחמש שנים אלה נחשפו מאות מתלמידי בית הספר ומאות בתי אב ביישוב לכך שהפיסיקה נוגעת כמעט בכל תחום בחיי היום יום. התלמידים בבית הספר יודעים היום, בעקבות הפרויקט, שניתן למצוא קשר בין פיסיקה לבין תיאטרון, ארכיטקטורה, ציור, שירה, התעמלות ואפילו קולינאריה.

כמו גיבורו של מולייר, ("גם הוא באצילים"), מגלים חלק גדול מהתלמידים ש"הם מדברים פרוזה" כלומר, משתמשים בעקרונות פיסיקליים כשהם עוסקים בתחומי דעת שונים לגמרי.

כאן המקום להסביר שוני מרכזי בין שתי גישות לגיטימיות שמאפיינות את העבודות של התלמידים: חלקם מתמקד בחיפוש אחרי העקרונות הפיסיקליים שעומדים מאחורי תופעות מתחומי דעת שונים, שסובבות אותנו בחיי היום יום (כמו הקשר בין פיסיקה לארכיטקטורה, לציור, לענפי ספורט שונים, למוזיקה ועוד). לעומתם, תלמידים אחרים משתמשים בכישרונותיהם מתחומי דעת שונים, כדי להדגים ולהסביר נושאים פיסיקליים המתאימים לתכנית הלימודים (כמו תלמיד

בעל כישרון פיסול שבונה פסל קינטי כדי להדגים ולהסביר את סוגי ההתנגשות בין הגופים השונים).

מטרות, יעדים ומתודה

מטרת היוזמה היא הפיכת הלימוד לפעילות מרתקת שמשלבת בין לימודי הפיסיקה לבין תחומי לימוד ועניין שונים, הפיכת הלימוד לרלוונטי ויצירת זיקה בין הלומדים לנושא החק. מטרה מרכזית נוספת היא תגבור עבודה עצמאית ושיתוף פעולה של התלמידים בינם לבין עצמם. לפעילות זו מספר יעדים שמהווים מטרות ביניים בדרך למטרות העל:

- הגברת הבנת שימושיה ויישומה של הפיסיקה בעולמות תוכן שונים ומגוונים.
- יכולת הבנת הפיסיקה בצורה אינטר-דיסציפלינרית תוך כדי שימוש בתחומי דעת שונים.
- הגברת האהבה ללימודי הפיסיקה על ידי קירובם של התלמידים לתחומי עניין.
- הגברת ההבנה וההפנמה של נושאי הלימוד - התלמידים מכינים עזרים המסבירים את התופעות הפיסיקליות.
- לימוד שעושה שימוש בכישורים חברתיים - התחרות מאפשרת למידה אגב שילוב כישורים חברתיים שאינם באים לידי ביטוי בלמידה פרונטלית. דוגמאות לכך הן: עבודת צוות, אחריות חברתית, הובלת נושא, למידת עמיתים, יכולת ללמד ולהציג נושא, עמידה מול קהל, יצירתיות ודמיון, תחרותיות, כיבוד האחר, יוזמה אישית ועוד.

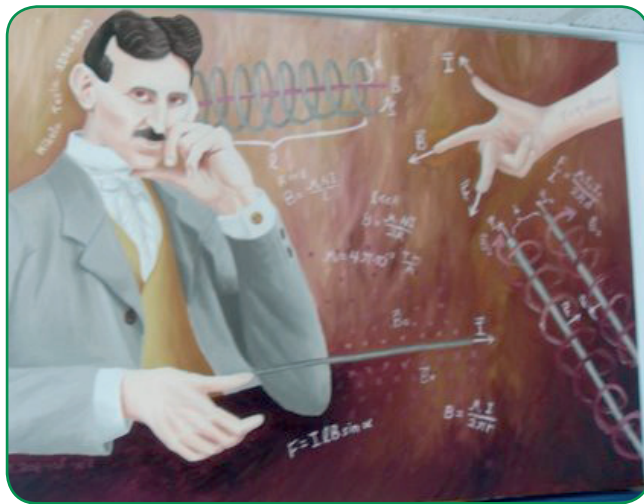
אוכלוסיית היעד היא כלל תלמידי ביה"ס השש-שנתי. כדי לאפשר לתלמידים ממגמות הומניות ומחטיבת ביניים להשתתף ולהגיע לתוצרים אופטימליים, וכדי לעודד השתתפות של בנות, מתקיים ליווי וסיוע אינטנסיבי על ידי מורה לפיסיקה

ותלמידים מצטיינים (תלמידים בוגרים ומנוסים יותר או כאלה שהתמחו בתחומי דעת שונים).

התלמידים משלבים את תחביביהם ותחומי עניינם המגוונים בהסברת תהליכים פיסיקליים שונים. הנושא נבחר מדי שנה בשיתוף התלמידים. התוצר של עבודות התלמידים הנו אמצעי דידקטי שבעזרתו ניתן להדגים, להסביר, להציג וללמד נושא כלשהו מתכנית הלימודים בפיסיקה בהוראה השוטפת. הדגמה למתואר לעיל אפשר למצוא בעבודתו של עמר ולדר מכיתה י"ב ששילב את כישורו בציור עם הרצון להסביר את המהות של השדה המגנטי.

דוגמה נוספת היא תוצר עבודתם של כפיר כרמון וטל בנאי (תלמידי כיתה י"ב) אשר עסקה בחיבור נורות בצורות שונות והביאה למפגש פורה בין כישרונותיהם הטכניים, הקורדינטיביים, הוורבליים והוויזו-מוטוריים.

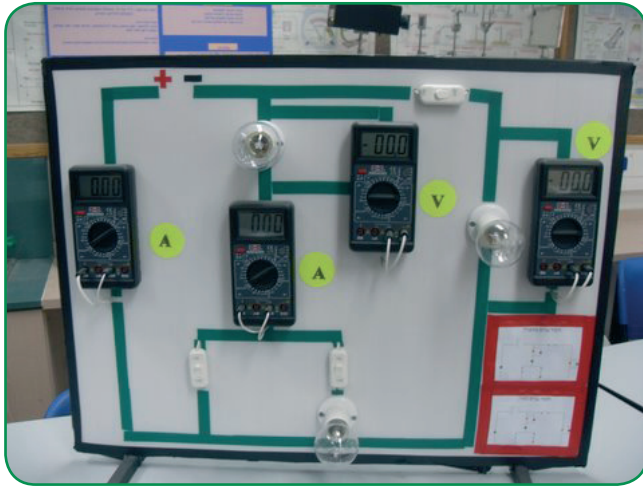
מאחר שתוצרי העבודה של התלמידים הם אמצעים דידקטיים, ניתן לראות שמורה שחפץ בכך, יכול לשלב אותם בהוראתו השוטפת.



"אמנות ופיסיקה" עבודתו של עומר ולדר בנושא השדה המגנטי

התחרות מתבצעת במספר שלבים:

1. הצגת הרעיון בפני המורה לפיסיקה.
2. הצגת שלבי ביצוע אופרטיביים (כלומר, הצגת השיטה ותיאור הכלים).



עבודתם של כפיר כרמון וטל בגאי - חיבור נורות בצורות שונות; מתוך "מודלים ופיסיקה"

3. לאחר קבלת אישור להצעת העבודה - ביצוע העבודה בשילוב של עבודה מעשית ומחקר תאורטי. לדוגמה, בעבודה של כפיר וטל (תמונה 2), הם הציגו את רעיונותיהם בפני המורה, קיבלו הנחיות והפניות לתלמידים אחרים ולמקורות מידע נוספים, בנו דגם מוקטן של המודל, שבנייתו לוותה בהתמודדות עם אתגרים ובעיות תאורטיים ומעשים.

4. שלב זה מקביל לשלב 3 ובו ניתן משוב מבחינה מקצועית, אקדמית וויזואלית על-ידי המורה לפיסיקה.

5. הצגת הנושא והתוצר בכיתות האם ודירוג העבודות על ידי תלמידי הכיתה. התלמידים מקבלים קריטריונים ומפתח דירוג מ-1 עד-5. עליהם להעריך עד כמה העבודה יצירתית, אסטטית, חדשנית, מושקעת דיה, מעניינת ומובנת.

6. הצגת העבודות בכל הכיתות שבהן לומדים פיסיקה בשלבי לימוד רלוונטיים וחזרה על תהליך הדירוג שתואר לעיל על ידי התלמידים בכיתות הפיסיקה.
7. העבודות שהגיעו לדירוג הגבוה ביותר עולות לגמר ושופטים מתוך ביה"ס ומחוצה לו קובעים מיהם הזוכים. צוות השופטים מדרג את העבודות במפתח שזהה למפתח הדירוג של התלמידים בכיתות, ובעליהן זוכים לפרסים ולתעודות הערכה.



עבודתן של בר מאיו ויובל שרמן - החוק הראשון של ניוטון מתוך "אמנות ופיסיקה"

העבודות הן ברמה גבוהה, וחלקן משמש בשנים שלאחר התחרות כאמצעי הוראה של הנושאים הרלוונטיים הן במסגרת בית הספר והן מחוצה לו. לדוגמה, מצורף צילום עבודתן של בר מאיו ויובל שרמן (תלמידות כיתה י'). התלמידות ביצעו את התרגילים, הסבירו את העקרונות הפיסיקליים העומדים מאחורי התרגילים והמתאימים לתכנית הלימודים בפיסיקה (חוק ראשון ושלישי של ניוטון).

התוצרים שנשארו במקרה זה לשימוש חוזר בשנים הבאות כעזרי הוראה, הם תמונות וסרטונים של ביצוע התרגילים.

התחרות בשנה הראשונה התמקדה בקשר בין משחקים

ובין פיסיקה, ובשנה השנייה נדרשו התלמידים להציג נושאים מתכנית הלימודים בפיסיקה בעזרת מצגות מוגבלות בזמן ובמספר השקפים. התחרות בשנה השלישית עסקה ב"מודלים ופיסיקה", בשנה הרביעית - היא עסקה ב"אומנות ופיסיקה", והשנה נבחר הנושא - "קולינריה ופיסיקה". ניתן לראות את התפתחות ה"מנעד" של התלמידים בבחירת הנושא. משנה לשנה גדלה ההבנה שגם נושאים שכביכול רחוקים מאוד מפיסיקה, קרובים אליה וקשורים אליה בקשר אמיץ. לדוגמה, בשנה זו בחר אחד התלמידים להציג ולהסביר את קיומו של גל עומד על-ידי שוקולד מריר 70% ומיקרוגל. הוא מוריד את המנגנון שמאפשר את סיבוב הצלחת, מפזר קוביות שוקולד במרווחים שחישב אותם מראש לאורך קוטר הצלחת, מפעיל את המיקרוגל לזמנים שחקר אותם מראש ומצפה לקבל מצב שבו חלק מהקוביות לא יימסו. מצורף בזאת גם השיר שחיברה נופר הוניגמן, תלמידת כיתה י"א, ואשר יהיה ההמנון של התחרות השנה:

**והאתגר שהתקבל
גרם להם להתפצל
ולהתחיל בהגשמת החזון
והמקצוע פיסיקה
הוא השתלב במהרה
עם העולם המופלא של המזון**

**היום אנחנו מתחרים
אך בוודאי אתם יודעים
שכל התלמידים אצלנו - חברים
רק אם ביחד כאן נחקור
וזה לזה כאן נעזור
מכאן נצא אל החיים עם ערכים!**

**עם פיסיקה
עושים הכול
במעבדה ללמוד וגם לאכול
כל תלמיד ותלמידה את זאת יודעים
ללמוד אצלנו זה טעים!**

**שלום אורחים וגם אורחות
אנו שמחים אתכם לראות
בתחרות מספר חמש פה מתחילים
אך כאן אין לנו מפסידים
כולם ביחד מגלים
כיצד עושים מפיסיקה מטעמים**

**הפיסיקה זה לא פשוט
שלא תהיה לכם טעות
אבל מולכם עושים ממנה חגיגה!
ובעזרת מאכלים
פה התבקשנו להדגים
את כל מה שנלמד במשך השנה**

**עם פיסיקה
עושים הכול
במעבדה ללמוד וגם לאכול
כל תלמיד ותלמידה את זאת יודעים
ללמוד אצלנו זה טעים!**

תוצאות, מסקנות וחזון

תחרות "נאמני הפיסיקה" מתפתחת משנה לשנה. בשנה הראשונה ניגשו לתחרות 15 תלמידים, ובשנה החמישית הגיע מספרם ל-80. בשנים האחרונות עולים לגמר בין 30 ל-50 תלמידים בכל שנה. ניתן לראות שינוי ברור באחוז הבנות בבית הספר שבחרות בפיסיקה כמגמת לימוד. אם בכיתה י"ב 18% בלבד מבין התלמידים הלומדים פיסיקה הם (האחוזים) בנות, הרי שבשנתון של כיתה י"א מספר הבנות הלומדות פיסיקה גדול ממספר הבנים, ובכיתה י' קיים שיווין בין בנים לבנות. בשיחות עם תלמידים ותלמידות מצטיירת תמונה ברורה של שינוי בתפיסת הפיסיקה כמקצוע יבש, משמים ומפחיד. וכך כותבת מעיין יניב:

השיטה של סבבות הצוות, היזמות העברת מלא חברי הצוות והלכידה לעתירות
 פתחה מחנכים מלא היזמים ואם אמרו שאינם זוממים פיזיקה, מוספה ישימוג פן
 אתר אמרי אזה אטו נתלסם כמחזק שיטורי הפיזיקה. כמחזק הלכידה על הפרוייקט
 אזלוני מחפז, תמונות, סרטונים ומחזקים כנושאי פיזיקה שונים, שלם אזה מרם
 מוסף אזה פיסת מידע חשה והלכידה כותב על כל הכנות איפשהו אזה אחר
 אהשפז ומכיון יותר אהחזק נושאים כרם היא הייתה חשה.
 מליון י"ב,

בנוסף, ניתן לראות התפתחות במיומנויות ובכישורים החברתיים המתפתחים אצל התלמידים שהשתתפו בתחרות כגון: אחריות חברתית, הובלת נושא, תכנון, למידת עמיתים, עמידה מול קהל, עבודת צוות, כישורי הדרכה ועוד. המשתתפים מעידים על רווח אישי גדול כתוצאה מההשתתפות בפרויקט, ובעקיפין, גם רווח חברתי עשוי להתפתח ממנו. כך תיאר זאת מנהלות בית הספר: "כמנהלות אנו רואות בדרך הנצחה זו את הדרך הנאותה והראויה להמשיך את החיים, לטפח את החשיבה, לשאול שאלות, לתכנן, לחפש, להסיק מסקנות תוך עיבוד מידע ושילוב מידע. התלמידים מציגים את התוצר הסופי בפני חבריהם וגם זו מיומנות חינוכית, לא בטלה. התחרות נותנת מענה לשונות בין התלמידים המסוגלים לשלב כישורים ומיומנויות שמתגלים תוך כדי הפרויקט - כגון אומנות הציוה, צילום, פיסול, בניית מודל וכו', כמו כן התלמידים המשתתפים בפרויקט מפתחים מיומנויות להערכה עצמית, לימודית, חברתית ואישית, יש להם הזדמנות להיכרות וטיפול הסביבה החברתית המשותפת ופיתוח עבודת צוות."

התחרות מייצרת הזדמנויות להתמודדות עם רתיעה ממורכבות ומקושי. נתונים על השינוי מתקבלים מדיווח של התלמידים עצמם, של הוריהם ושל מורים מתחומי דעת שונים.

אמו של אחד ממשתתפי התחרות מביעה את דעתה במילים הבאות: "15 השנה השנייה שזה משתלג בני בתחרות פיסיקה על שם ארן כוכבי ז"ל זכית הספר גיכון מור מכבים - רשות. כאם אכן המשתלג בתחרות וכמורה גיכון אני נרשט כל שנה מחדש אראות את העבודה הנשטית על ידי התלמידים. נושאי התחרות הנם רלוונטיים מאוד אחיי התלמידים וכך קל אהם אהתייחס וזהבין את הרלוונטיות של הפיסיקה בכל שטחי החיים. יפה ומרש כל כך אראות את בני אידן מחפש חומר על נושאים כמו פיסיקה ואומנות או פיסיקה ואוכל, ומנסה אחשוב על הדרך היצירתית ביותר אהציג את הקשר. התחרות הפעילה את כל בני המשפחה אעצור בחיפוש אחרי רעיונות, הקשרים ואפילו ניסיון אהבין אקרונות פיסיקאיים. התחרות הזו מביאה אידי ביטוי את יכולותיו של בני כאיש חושב, כהלמיד סקרן וכנשר יצירתי. אני מודה על ההזדמנות שניתנת לבני מדי שנה אהשתלג בפרויקט הנצחה חשוב זה. אמא של אידן."

השנה ביקשו גם אחדים מבוגרי בית הספר להשתתף שוב בתחרות וציינו שהם מתייחסים לכך כאל זכות. פוטנציאל הפיתוח של היוזמה גדול: היום עומד בראש הפירמידה רק מורה אחד לפיסיקה. ניתן ומומלץ להעתיק את המודל וליישמו בבתי ספר נוספים. קרוב לוודאי שתעלה השאלה: "איך מורה אחד במסגרת הכובלת של שעות הוראה

מעטות ותכנית לימודים עמוסה לעיפה, יכול להתעסק גם עם כל הדרישות המורכבות של הובלת הפרויקט הגדול הזה?". השקפת העולם של יוזם הפרויקט מבוססת על ההנחה שלא המורים, אלא התלמידים מובילים את כל תהליכי הלמידה. תפקיד המורה הוא בעיקר הכוונה ובנייה של צוות מוביל. צוות כזה מורכב מתת צוותים: קבוצת תלמידים מוכשרים שמסייעים בתחום המקצועי וועדת היגוי שמובילה את השלבים השונים ואפילו "שופטי ביניים" (תלמידים בכיתות). וכך העומס הכבד של הפרויקט מתפזר על קבוצה רחבה של אנשים.

הפוטנציאל הסמוי של התחרות הוא באפשרות לקיים תחרויות בין בתי ספר ויישובים, לבנות מעין מיני מוזאון שבו יישמר מאגר של תוצרים אינטראקטיביים, וכל זאת כדי שעל סמך לימוד התהליכים, ניתן יהיה לפתח השתלמויות למורים בפיסיקה ובתחומי דעת נוספים.

היוזמה נותנת דרך נגישה וזמינה להוציא לחופשי את הפיסיקה מהמעבדה - המהווה סביבה מנוכרת לרבים מהתלמידים - ולפגוש אותה במקום הטבעי שבו היא פורחת: החיים.



ד"ר איליה מזין, חתן פרס עמוס דה-שליט לשנת תשס"ז בעת קבלתו מידי פרופ' בת שבע אלון