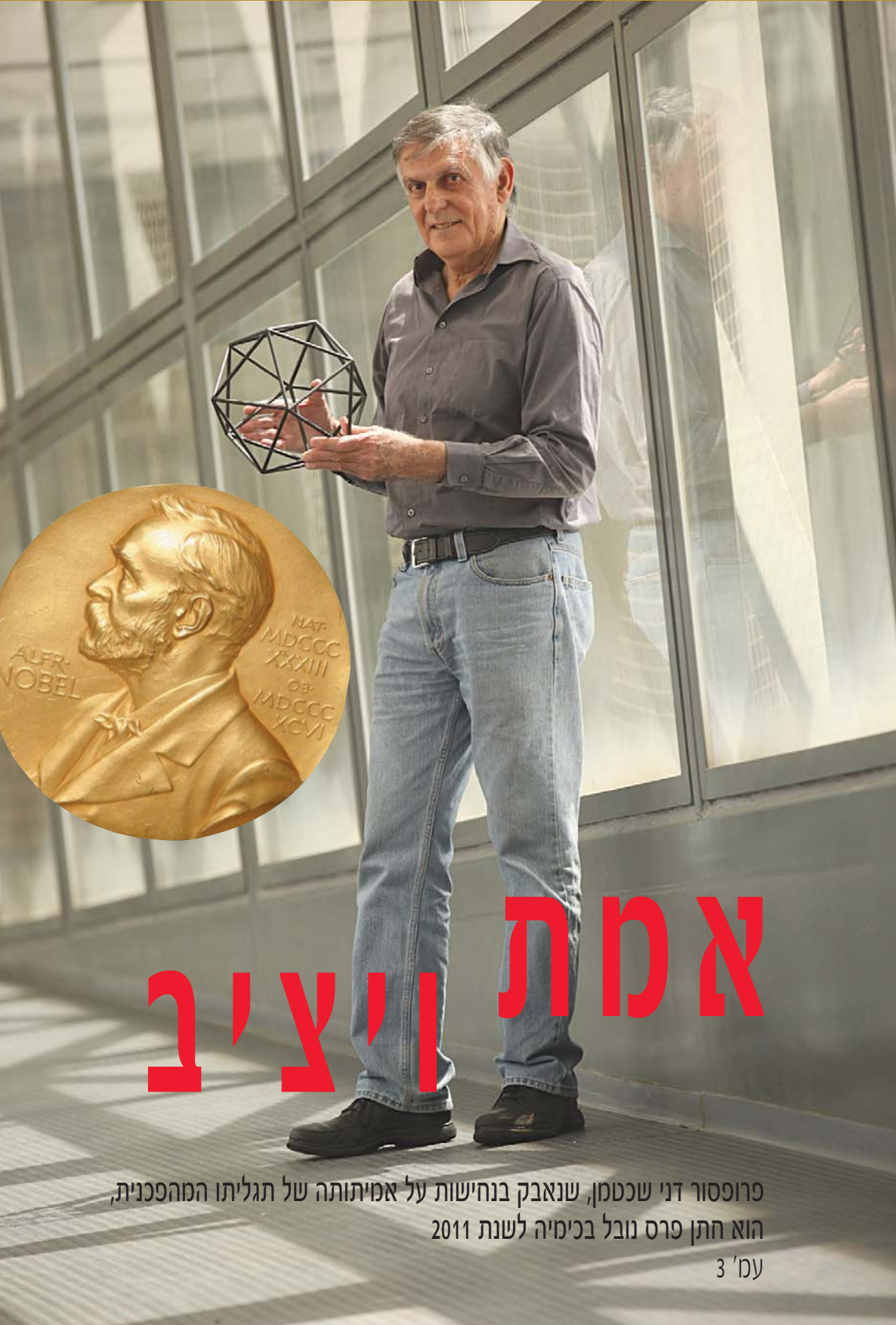


# הטכניון

www.technion.ac.il • מגזין הטכניון

סתיו 2011

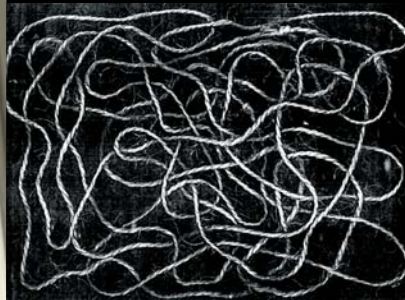


## אמת ויציב

פרופסור דני שכטמן, שנאבק בנחישות על אמיתותה של תגליתו המהפכנית, הוא חתן פרס נובל בכימיה לשנת 2011  
עמ' 3



להשלים את הפאזל  
התגלה קישור כימי חדש  
עמ' 13



ללכת עד הסוף  
סיפורו של דניאל לויין ז"ל  
עמ' 16



להמציא את הגלגל  
היו-יו המנצה של אייל כהן  
עמ' 24

# סוף העשור האבוד



מי שלא חווה את השמחה שפרצה בקמפוס הטכניון עם היוודע דבר זכייתו של פרופסור מחקר דני שכתמן בפרס נובל בכימיה - לא יודע שמחה מהי! ולא בכדי; נדירות האוניברסיטאות שמתברכות בכך ששלושה מחברי הסגל שלהן, אשר צמחו והתפתחו בתוכן, זוכים בפרס נובל בכימיה תוך פחות מעשר שנים. לפרופסור שכתמן קדמו הפרופסורים אברהם הרשקו ואהרן צ'חנובר מהפקולטה

לרפואה על שם רפפורט, שזכו בפרס נובל בכימיה לשנת 2004.

פרופסור שכתמן החל ללמוד בטכניון בשנת 1962. כאן הוא קיבל את כל תארו האקדמיים וערך את כל מחקריו. הוא יקבל את פרס נובל בכימיה לשנת 2011 על תגלית הגבישים הקוואזי-מחזוריים, ובזכות עמידתו האיתנה על האמת המדעית שלו כנגד הממסד המדעי של שנות השמונים, ששלל את תצפיותיו מכל וכל. אין זה דבר של מה בכך לעמוד איתן אל מול ענק מדעי כליינוס פולינג, חתן שני פרסי נובל, בכימיה ושלוש, אשר ניצב בראש מחנה השוללים את תגלית הגבישים הקוואזי-מחזוריים וטען שדני שכתמן "איננו יודע על מה הוא מדבר". דני דבק באמת שלו ובכך פרץ דרך מדעית חדשה.

פרס נובל בכימיה הוא אקורד סיום מרהיב לקיץ יוצא דופן באירועיו. אין מתנה יפה מזו ליובל המאה להנחת אבן הפינה לבניינו הראשון של הטכניון, בהדר בחיפה - ארוע שיצוין באפריל 2012.

בקיץ האחרון פרצה מחאה חברתית חסרת תקדים בתולדות המדינה, וחוללה תזוזה בסדרי העדיפויות ובסדר החברתי במדינת ישראל. עלינו לשמוח על המקום המכובד שניתן לנושא החינוך בכל המחאות וההפגנות. אכן, העם דורש צדק חברתי אבל העם גם מבין, סוף-סוף, שהשקעה בחינוך היא השקעה בעתידנו. ועל ההבנה הזו נלחמנו כולנו, באקדמיה, במשך עשר שנים תמימות - הלא הן "עשר השנים האבודות", כפי שכינה אותן פרופסור מנואל טרכטנברג, יו"ר ות"ת ויו"ר הוועדה לשינוי חברתי-כלכלי. מעל כל במה ציבורית זעקנו כי נושא החינוך חייב להדיר שינה מעינינו ומעיניהם של מנהיגינו. מי כמונו יודע עד כמה נכונה הגדרה זו. בעשור האבוד הזה הידלדלו השורות של חברי הסגל, מעבדות התיישנו ללא חידוש וצמיחה, מספרי הסטודנטים בכיתות הלימוד תפחו למימדים שלא ידענו כמותם, ומעמדה של ישראל כמעצמה עולמית של מחקר מדעי נפגע באופן משמעותי. אני תקווה שהרפורמות בחינוך היסודי והתיכוני, שעליהן התבשרנו לאחרונה, והתכנית החמש-שנתית של ות"ת להעצמת המוסדות להשכלה גבוהה, מבשרות את השינוי המיוחל. אם כך יהיה, הרי שפרס נובל בכימיה, שיינתן לפרופסור דן שכתמן ב-10 בדצמבר בשטוקהולם, יהיה ציון הדרך לסופו של העשור האבוד ולתחילתה של תקופה חדשה בחינוך במדינת ישראל - תקופה שתאופיין בפריצה קדימה, ביצירה ובהתחדשות.

**פרופסור פרץ לביא,**  
נשיא הטכניון

## תוכן העניינים

2	דבר הנשיא
3	הנובלסט
6	יחסים בינלאומיים
8	רובטיקה
9	הנדסת מחשבים
10	מחקר ופיתוח
16	לזכרם
20	נצחון הרוח
22	אדריכלות
24	טכנוראש
28	טור אישי
29	ספרים
30	פרסים
32	ראיון
34	בוגרים בשטח
39	ספורט
40	הכוח המניע
41	אגודת דורשי הטכניון בישראל
44	ארגון בוגרי הטכניון

סטיו 2011 • ISSN 0793-8543

הטכניון  
מכון טכנולוגי  
לישראל  
www.technion.ac.il

**מוציא לאור:**  
מערך השיחוק

**מנהל השיחוק:**  
גבי שטרן

**דובר הטכניון, עורך אחראי:**  
עמוס לבב

**עורך:**  
יצהר ורדי, טל' 04-8293790

[pressheb@dp.technion.ac.il](mailto:pressheb@dp.technion.ac.il)

**משתתפים:** אבי בליזובסקי, יצהר ורדי,  
עמוס לבב, רועי צנה, אבי שמואל

**צלמים:** יואב בכר, שלמה שוהם, יוסי שרם

**מנהלת אגודת דורשי הטכניון בישראל:**  
נעמה תומרקין

טל' 03-6951763, פקס 03-6966692  
[its@tx.technion.ac.il](mailto:its@tx.technion.ac.il)

**מנהלת ארגון בוגרי הטכניון:**  
פנינה זיו

טל' 04-8293777, פקס 04-8293777  
[bogrim@tx.technion.ac.il](mailto:bogrim@tx.technion.ac.il)

**עיצוב גרפי:**  
גרפיק טאצ' מעצבים, טל' 04-8674299

**דפוס:**  
דפוס רחש



צילום: יו. צ. יואב

**בשער:** פרופסור דני שכתמן עם מודל של גביש קוואזי-מחזורי



**פרופסור דני שכטמן, חתן פרס נובל בכימיה  
לשנת 2011: "זו הגיגה לטכניון,  
למדינת ישראל ולאלפי המדענים  
שחוקרים את תחום הגבישים הקוואזי-מחזוריים"**

# "מדען טוב הוא אדם צנוע שיודע להאזין"



פרופסור שכטמן עם נשיא הטכניון פרופסור פרץ לביא במסיבת העיתונאים

**מאת אבי בליזובסקי  
צילומים: יואב בכר ושלמה שוהם**

"מדען טוב הוא אדם צנוע שיודע להאזין", כך אמר פרופסור מחקר דני שכטמן במסיבת העיתונאים שהתקיימה בטכניון ב-5 באוקטובר לרגל ההכרזה על זכייתו בפרס נובל בכימיה לשנת 2011. "זה השיעור הראשון שלמדתי, וזהו לקח חשוב לסטודנטים: תהיו פתוחים - ומומחים בתחום שלכם. לעולם אל תבטחו במאה אחוז במה שקראתם בספרי הלימוד". פרופסור שכטמן ציין את שמותיהם של כמה אנשים שהרימו תרומה מיוחדת לשטח המדעי שהוא עצמו ייסד: פרופסור אילן בלך מהטכניון, שפרסם יחד איתו מאמר מכונן בנושא הזה, והניח את המודל הפיזיקלי לתופעה; ג'ון כאהן, שעבד איתו בארה"ב; המתמטיקאי הצרפתי פרופסור דניס גרטיאס; פרופסור דב לוינ מהטכניון ופרופסור פול שטיינהרט מפרינסטון, שהציעו את המודל המתמטי הראשון לקוואזי-גבישים. פרופסור שכטמן, יליד תל אביב (1941), החל ללמוד בטכניון ב-1962, השלים את שלושת תארייו כאן, וכיום הוא חבר סגל בפקולטה להנדסת חומרים. את ההודעה על הזכייה הוא קיבל ביום רביעי, 5 באוקטובר, בשעה 11:14, בשיחת טלפון מהאקדמיה המלכותית השוודית למדעים. כעבור שעותיים וחצי התקיימה בבניין הסנט בטכניון מסיבת עיתונאים, ופרופסור שכטמן השיב לשאלותיהם של הכתבים.

### לא חשבת שעובדים עליך?

היה כמובן חשש כזה, אבל אחרי ההודעה הרשמית מנשיא האקדמיה דיבר איתי גם ידיד אישי שלי, חבר האקדמיה, וזה היה האישור הסופי מבחינתי. היה אסור לי לספר על כך עד מסיבת העיתונאים שערכה האקדמיה בשוודיה, אבל ספרתי את זה כמובן לרעייתי, ציפי.

### מהי התחושה הראשונית לנוכח הזכייה?

תחושה מצוינת. השמחה גדולה, והיא משותפת לקהילה גדולה - אלפי אנשים שחוקרים את התחום הזה. אני מייצג חבורה מדהימה של אנשים מעולים בישראל ובעולם כולו, וזו הכרה בחשיבותה של העבודה המשותפת שלנו.

### מדוע סירבה הקהילה המדעית להכיר בהישג שלך?

חקר הגבישים (קריסטלוגרפיה) התבסס עד אותה תקופה על נתונים שהתקבלו מדיפרקציית קרני X, שהיא שיטה מדויקת מאוד. זהו תחום שנוצל כמדע בשנת 1912, בתגלית חשובה שרשם מדען

"ברור לי שהתקופה הקרובה תהיה סוערת." מסיבת העיתונאים בטכניון

גרמני בשם מקס פון-לאוה. קרני X התגלו כבר ב-1895, אבל לא היה ברור מהו האופי שלהם, פרופסור פון-לאוה החליט לנסות לברר אם לקרניים האלה יש אופי גלי - כמו קרני אור, כמו קרינה אלקטרומגנטית אחרת.

פון-לאוה ביצע דיפרקציית קרני X בגבישים. לשם כך נדרשו לו גבישים שהמרחק בין האטומים שלהם הוא מאותו סדר גודל של אורך הגל. בניסויים אלה הוא גילה שהתשובה לשאלתו בעניין הקרניים חיובית - לקרני X יש אופי גלי. והוא גילה דבר נוסף: שגבישים של חומר הם ישויות מסודרות ומחזוריות.

מאז ועד שנות השמונים היתה דיפרקציית קרני X בגבישים השיטה המקובלת בתחום הקריסטלוגרפיה. כשגיליתי את קיומם של גבישים קוואזי-מחזוריים - גבישים שאינם מסודרים ומחזוריים - עשיתי זאת בשיטה אחרת: מיקרוסקופיית אלקטרונים. זו אחת הסיבות שלקהילה המדעית היה קשה לקבל את התוצאות שלי - כי לא השתמשתי בשיטה המקובלת. כעבור כמה שנים, ב-1987, הצליחו עמיתי לבצע דיפרקציה בגבישים הקוואזי-מחזוריים, כלומר ניסוי בשיטה ה"מסורתית", ואני הצגתי את התוצאות בכנס של אגודת הקריסטלוגרפים העולמית באוסטרליה. אבל גם אז ההתנגדות לממצאים שלי לא התפוגגה, ובראש מחנה המתנגדים עמד ליינוס פולינג, חתן פרס נובל בכימיה ופרס נובל בשלום. הוא הוביל גל של התנגדות, ואלפים האמינו לו.

### מה מצפה לך בתקופה הקרובה?

ברור לי שהתקופה הקרובה תהיה סוערת. עכשיו, כמה שעות אחרי ההודעה על הזכייה, אני כבר מבין שלהיות סלבריטאי זו עבודה קשה. אבל אני מתכוון לחזור לשגרה בהקדם האפשרי - כחוקר וכמרצה בטכניון, וכחבר סגל באוניברסיטת איווה סטייט בארה"ב. החיים יחזרו לקדמותם מהר מאוד.

## ברכות נשיאותיות

"אילו ביקש ממני הקב"ה מה אני מבקש, הייתי אומר: עוד פרס נובל כזה." כך אמר נשיא המדינה, שמעון פרס, בשיחת טלפון לפרופסור שכטמן, בפתחת מסיבת העיתונאים. "אתה העשירי במניין ואין הרבה מדינות קטנות בעולם שזכו לעשרה פרסים כאלה. וזה גם יום גדול לטכניון, מפני ששלושה מתוך העשרה באו מהטכניון." "ההישג של דני הוא הישג אישי, אבל אין ספק שבית הטכניון חוגג היום, ואיתו מדינת ישראל," אמר נשיא הטכניון פרופסור לביא. פרופסור לביא ציין כי בחודש מרץ השנה הפיק הטכניון, לכבוד יום הולדתו השבעים של פרופסור שכטמן, עניבה ועליה מצוירים גבישים קוואזי-מחזוריים. "היה לנו ברור שדני יזכה בפרס נובל, וזה בהחלט היה ברור כשערכנו השנה את הכנס לכבוד יום הולדתו."

# נצחון הנחישות

חתן פרס נובל בכימיה לשנת 2011

סבל מבדידות בעולם המדעי, עד שהוכחה

תגליתו המרעישת: גבישים קוואזי-מחזוריים



“שמחה גדולה.” עובדי הטכניון מקבלים את פניהם של בני הזוג שכתמן

תופעה חסרת תקדים, ובפקולטה שלו אמרו בחיך כי “כנראה שהתמצקות מהירה גורמת גם לעליה מהירה בסולם הדרגות.” כעת פרופסור מחקר דני שכתמן הוא חתן פרס נובל, בעל פרסים רבים כגון פרס ישראל, פרס וולף, פרס אמת ופרס אמינוף של האקדמיה השוודית המלכותית למדעים. הוא חבר באקדמיה הישראלית למדעים ובאקדמיה להנדסה בארה”ב.

כיום כבר ידוע על מאות חומרים בעלי מבנה קוואזי-מחזורי, ומדי שנה מתקיימים מספר כנסים לאומיים ובינלאומיים בנושא. 40 ספרים מדעיים הוקדשו לגבישים קוואזי-מחזוריים, ובספרים רבים אחרים עודכן הפרק הדין במדע הקריסטלוגרפיה. בעקבות התגלית ואישושה שינתה האגודה הבינלאומית של מדעני הקריסטלוגרפיה את הגדרת הגביש מיסודה, ובישראל הוצמד שם לחומר בעל המבנה החדש: “שכטמנית”.

אבל פרופסור שכתמן, חייכן ושקט, ממשיך בעבודתו, מפתח סנסוגות מגנזיום חדשות ועובד על תרכובות בין-מתכתיות.

\* סימטריה סיבובית פירושה, בניסוח פשוט, שאם נסובב את הגוף שבו מדובר, נראה שוב ושוב אותה תמונה: לדוגמה, אם נסובב סביבון שעל פאותיו לא כתוב כלום, נראה ארבע פעמים את אותה תמונה, ואז נגיע שוב לנקודת ההתחלה - זוהי סימטריה מרובעת. התגלית של פרופסור שכתמן היא קיומה של סימטריה מחומשת בגבישים.

\*\* גביש מחזורי מתאפיין בכך שהוא מורכב מיחידת מבנה בסיסית החוזרת על עצמה שוב ושוב, כמו המשושים בחלת הדבש.

שיעור פרטי לראש הממשלה בנושא הגבישים הקוואזי-מחזוריים



זה קרה במעבדות NBS - מכון התקנים האמריקאי במרילנד, ארה”ב - באחד מימי החורף של 1982. ד”ר דני שכתמן הרים את עיניו ממיקרוסקופ האלקטרונים החודר ואמר לעצמו: אין חיה כזו.

שכתמן, חוקר צעיר מהפקולטה להנדסת חומרים בטכניון, החזמן למכון על ידי ד”ר ג’ון כאהן, שביקר בטכניון בשנת 1980. באותם ימים עסק שכתמן בייצור חומרים מתכתיים על ידי התמצקות מהירה. מה שראה במיקרוסקופ האלקטרונים באותו יום היה ישות שנחשבה אז בלתי אפשרית: גביש בעל סימטריה סיבובית\* של חמש.

## שבעים שנות גבישים מחזוריים

גילוי המבנה המחזורי של הגבישים\*\* בשנת 1912 על ידי מקס פון-לאוה, ומאות אלפי הגבישים שנחקרו עד 1982, נטעו בקהילה המדעית את האמונה שאין גבישים שאינם מחזוריים. הפרדיגמה שהתבססה בשבעים השנים הבאות קבעה כי הגביש הוא ישות מסודרת ומחזורית, בעלת סימטריה סיבובית של של 2, 3, 4 או 6. על בסיס זה צמחה תורת הגבישים (הקריסטלוגרפיה), אשר היתה עד שנות השמונים “מדע סגור”, שאנשיו אינם מצפים לגילויים מהפכניים.

לכן הופתע שכתמן כאשר הרים את עיניו מהמיקרוסקופ באותו יום חורפי בשנת 1982. אחרי שהביט שוב במיקרוסקופ יצא החוקר הצעיר למסדרון כדי לחלוק את התגלית המרעישת עם אדם אחר. אבל המסדרון היה ריק. זו היתה תחילתה של בדידות, ואפילו בידוד, בעולם האקדמי כולו.

שכתמן חזר למעבדה, המשיך לעבוד וביצע סדרה של ניסיונות. בסופו של דבר הבין כי לא טעה אלא גילה גבישים חדשים, ובהמשך הוא מצא גבישים כאלה בשלושה חומרים שונים.

## “אין דבר כזה”

כששיתף ד”ר שכתמן את עמיתיו במעבדות בתגלית המרעישת, השיבו לו כולם “אין דבר כזה”. אבל הוא לא ויתר, עד שראש המעבדה שלו ב-NBS אמר לו: “ד”ר שכתמן, אתה מבייש את הקבוצה ואני מבקש ממך לעבור לקבוצת מחקר אחרת.”

ד”ר שכתמן הצעיר הועבר לקבוצה אחרת, וכך סיים את שנת השבתון שלו. כאשר שב לטכניון הוא פגש את פרופסור אילן בלך, החוקר היחיד שהאמין לגילוי שלו, ואף הציע מודל המסביר את התוצאה. בקיץ של שנת 1984 חזר ד”ר שכתמן למרילנד ושלח לפרסום, יחד עם פרופסור בלך, מאמר מדעי שכלל את התיאור הנסיוני ואת ההסבר התיאורטי.

אבל עורכי ה-Journal of Applied Physics דחו את המאמר, ונימקו: “המאמר לא יעניין פיזיקאים. אנו ממליצים לשלוח אותו לעיתון של מטלורגים (חוקרי מתכות).”

המאמר אכן נשלח לעיתון Metallurgical Transactions, והתקבל, אך העורכים הודיעו כי יפרסמו אותו רק כעבור שנה. שכתמן הראה את המאמר לג’ון כאהן, שהציע לשלוח מאמר נוסף, מתומצת, לכתב העת Physical Review Letters. בכתבת המאמר המתומצת השתתפו ארבעה מדענים - שכתמן, בלך, כאהן והמדען הצרפתי ד”ר דני גרטיאס. ואכן, המאמר פורסם תוך שבועות ספורים, בנובמבר 1984, וכך נפתח תחום חדש במדע: גבישים קוואזי-מחזוריים.

קהילת הפיזיקאים געשה ורעשה, והחרתה-החזיקה אחריה קהילת הכימאים והמתמטיקאים. קהילת ה“מאמינים” של ד”ר שכתמן גדלה והלכה, אבל היא נתקלה בהתנגדות של קהילת הקריסטלוגרפים השמרנית, בראשות פרופסור ליינוס פולינג, אבי הכימיה האמריקנית המודרנית וחתן פרס נובל. “שכתמן מדבר שטויות”, אמר פולינג בכנס מדעי, שבו ישב בקהל גם ד”ר שכתמן. “אין דבר כזה קוואזי-גבישים - יש רק קוואזי-מדענים!”

ד”ר שכתמן היה לפרופסור חבר בטכניון, וכעבור שנה - לפרופסור מן המניין. גם זו

# חדשנות בינלאומית

## Technion Multi-Cultural Team Project

Business Proposal: Water purification centers in India



▲ טיהור מים בהודו - אחד הפרויקטים שגובשו במסגרת הקורס

זרות גלובלית. אחד הצוותים המשתתפים בפרויקט: טום קדוול - Northwestern University (ארה"ב),  
 ▲ אניטה צ'אן - City University (הונג קונג), אמדאוס ביג'ולין - ESADE (ספרד), ריקי נורי - טכניון (ישראל)



## בפרויקט רב-תרבותי בהנחיית פרופסור מרים ארז מתקיים מפגש מרתק בין סטודנטים מעשרות מדינות

ממלאים במהלך הפרויקט. הפרויקט מנוהל באמצעות אתר אינטרנט יעודי, שכתובתו היא <http://tmctp.technion.ac.il>. כל משתתף יוצר באתר פרופיל אישי, ועובד יחד עם חברי הצוות שלו בחדר העבודה הממודר של הצוות. בנוסף ישנו אזור פתוח לכל המשתתפים, שבו ניתן להתרשם מהפסיפס הבין-תרבותי.

"ההיבט החווייתי של הקורס משמעותי מאוד, שכן סביר מאוד שבעתיד הם יפעלו בצוותים וירטואליים שעשויים להיות גם רב-תרבותיים," מסבירה פרופסור ארז. "במציאות הגלובלית והטכנולוגית של המאה ה-21, חלק גדול מהתקשורת הפנים ארגונית היא תקשורת וירטואלית. למציאות זו יש יתרונות בולטים, ביניהם בחירת העובדים הטובים ביותר ללא קשר למקום מגוריהם, הפחתת עלויות עבודה וקירבה ללקוחות וספקים. יחד עם זאת, תקשורת מתווכת-מחשב מציבה גם אתגרים רבים, כגון הבדלי זמן ופערי תרבות."

הקורס מקנה למשתתפיו גם "אינטליגנציה תרבותית", המבוססת על 4 מרכיבים שונים (מטה-קוגניציה, קוגניציה, מוטיבציה והתנהגות) ומסייעת להצלחתם של מנהלים ברחבי העולם. מן השאלונים שממלאים משתתפי הקורס עולה כי ההשתתפות בפרויקט מעצימה משמעותית את תחושת השייכות שלהם לסביבה הגלובלית, ואותה "זהות גלובלית" מהווה גורם משמעותי בשיפור הישגים בצוותים רב-תרבותיים. כיום ידוע שזהות גלובלית חזקה מעודדת התלהבות בעבודת הצוות, והתוצאה היא עליה ברמת הביצוע.

"תודה על העבודה המעולה של צוות הטכניון," אומר פרופסור ג'וזפה דלמסטרי מאוניברסיטת ברגמו השותפה בפרויקט. "אני שמח שלסטודנטים שלי ניתנה הזכות לקחת חלק בפרויקט." פרופסור לין ון-דיין מאוניברסיטת משיגן מספרת כי "הפרויקט היה הצלחה עצומה בקרב הסטודנטים שלי. כולם אמרו שזו היתה חוויה מעולה, ליישם את מה שהם למדו במהלך הסמסטר. אני רוצה שתדעו כמה אני שמחה על האפשרות להציע לסטודנטים שלי את הפרויקט."

כתבו: רווה הרוש, אלה גליקסון ופרופסור מרים ארז

"ישראלי, אמריקאי, איטלקי וסיני החליטו להקים עסק בהודו". לא, זאת לא התחלה של בדיחה, אלא ארוע אפשרי בהחלט במציאות הגלובלית שבה אנחנו חיים. בתוכנית למינהל עסקים בטכניון מתקיים קורס שלא רק מפגיש וירטואלית סטודנטים ממדינות שונות, אלא גם מסייע להם לבצע יחד פרויקט משותף שבמהלכו עליהם להחליט איזה עסק להקים במשותף במדינה זרה. הפרויקט המתקיים במסגרת הקורס "ניהול בין תרבותי" כבר שמונה שנים, בהנחייתה של פרופסור מרים ארז, מומחית בתחום הניהול הבין-תרבותי. בפרויקט משתתפים סטודנטים מהטכניון ומאוניברסיטאות מובילות מאיטליה, ספרד, הונג-קונג וארה"ב.

### צוותים מעורבים

המשתתפים בפרויקט עובדים בצוותים מעורבים (מאוניברסיטאות שונות), בני ארבעה אנשים כל אחד, במשך כשלושה שבועות. במהלך הפרויקט לומדים הסטודנטים על ההבדלים הבין תרבותיים ביניהם באמצעות אינטראקציה ועבודת צוות, ועל סמך משוב שהם מקבלים על שאלונים שהם



▲ החלקיקים הגיעו 60 ננו-שניות מוקדם מהצפוי. גלאי הניוטרינו בגראן סאסי באיטליה, שם התגלו "חלקיקים מהירים מן האור"

"תורת היחסות לא מתה,"

אומר פרופסור ז'אק גולדברג

מהטכניון, שהשתתף בניסוי

הניוטרינו שהסעיר את העולם.

"עכשיו צריכים התיאורטיקנים

לתת הסבר לתופעות שנצפו"

מאת אבי בליזובסקי

# השמועות על מותה היו מוקדמות

שתפקידנו הוא לבצע מדידות נכונות ולדווח על הממצאים שלנו, על הערך שמצאנו ועל שגיאות המדידה. אנחנו לא אמורים לקבוע אם זה מפריך את תורת היחסות. זו כמובן שאלה מרתקת, אבל היא נמצאת בתחום של הקולגות שלנו - התיאורטיקנים - וגם הם צריכים להתפרנס.

חשוב להבין שהחלקיקים בניסוי הזה עוברים דרך 730 קילומטר של סלע, והחישוב התיאורטי של תנועתם בסלע הוא תהליך מסובך מאוד, המתבסס על תפיסת החלקיקים האלה כאילו הם מקבץ של גלים במסגרת המכניקה הקוונטית. זה חישוב שעדיין לא בוצע, ולדעתי צפויה לנו הפתעה כבירה - ולא בשלילת תורת היחסות.

## מה דעתך על התנהגות הקהילה המדעית בפרשה?

אדם שלא מסוגל להטיל ספק במה שהוא חושב, ולא חשוב באיזה נושא, אינו ראוי לתואר "מדען". השטויות שנאמרות בקשר למדידה שביצענו הן הדוגמה הכי טובה לקיומם של אנשים בעלי עודף ביטחון עצמי, שלא מסוגלים להטיל ספק בעמדותיהם - למשל כאלה שטוענים שטעינו בלי שבכלל קראו את מה שפרסמנו.

SPS. מהמאיץ הזה אנחנו יודעים לשגר חלקיקי ניוטרינו ולכוון אותם לעבר מערה מלאכותית שנמצאת באיטליה. מדובר במרחק של 732 קילומטרים, והסטייה במדידת המרחק עומדת על כ-20 סנטימטר בלבד.

ראוי לציין כי את הניסוי הזה ערכנו למטרה אחרת לגמרי. מטרת הניסוי היתה למצוא עדות לכך שלניוטרינו יש מסה שונה מאפס מתמטי.

בעניין זה פרסמנו לפני שנה וחצי את העובדה המעניינת שחלקיקי הניוטרינו משנים את סוגם בדרך, והופכים מניוטרינו מסוג "מיו" לניוטרינו מסוג "טאו". תהליך זה מחייב מסה שונה מאפס עבור לפחות אחד משלושה סוגי ניוטרינו המוכרים בתבל.

## מח התוצאות שהסעירו את העולם?

בניסוי הנוכחי מדדנו את הפרש הזמן בין שיגור הניוטרינו לנחיתה שלו באיטליה, עם אי-ודאות של עשר מיליארדיות השנייה (עשר ננו-שניות). את המרחק האמיתי מדדנו בדיוק של 20 סנטימטר. על פי המדידות שלנו, הניוטרינו הגיע 60 ננו-שניות מוקדם מכפי שצפינו. המסקנה היא - לכאורה - שהם נעו במהירות גבוהה ממהירות האור. אנחנו כפיזיקאים נסיונאים מאמינים



▲ "גם התיאורטיקנים צריכים להתפרנס." פרופסור ז'אק גולדברג

"299,792,458 מטרים לשנייה - זו מהירות האור, ובמסגרת תורת היחסות לא ניתן להקנות לשום גוף מהירות גבוהה יותר." כך אומר פרופסור ז'אק גולדברג מהפקולטה לפיזיקה בטכניון, הישראלי היחיד שהשתתף בניסוי הניוטרינו באתרי CERN בשוויץ ו-LNGS באיטליה. "עכשיו זו שעתם של התיאורטיקנים, ואני מאמין שהם ימצאו הסבר המתיישב עם תורת היחסות.

"על פי תורת היחסות המצומצמת של אינשטיין, שפורסמה ב-1905, מהירות האור היא קבוע אוניברסלי. במילים אחרות, היא לא תשתנה במערכות ייחוס שונות. "חלקיק יכול להגיע למהירות האור רק אם המסה שלו היא אפס מתמטי, ושום דבר - גוף, חומר, חלקיק - לא יכול לנוע במהירות גבוהה ממהירות האור."

## איך בוצע הניסוי?

יצרנו אלומה של חלקיקים בשם ניוטרינו באחד המאיצים של CERN - לא במאיץ הענק אלא במאיץ

▶ תלמידי תיכון כפר שעב עם הרובוט פותר התרגילים

קיבלי ועוד) - עבד שלושה שבועות על תכנון ובנייה של הרובוט שעולה ויורד במדרגות. הצוות של תיכון כפר שעב בנה שני פרויקטים, שהאחד מהם פותר בעיות חשבוניות. הצוות של תיכון כפר מנדא בנה שני רובוטים, אחד מהם, "פשוט ומרגיע", הוא רובוט המנענע את עריסת התינוק (עריסת בובה, בדגם שהוצג) בכל פעם שהתינוק בוכה, ומפסיק ברגע שהתינוק נרגע. בבית הספר כרמל התמקדו בשני פרויקטים - האחד חלוקת פיצה למשולשים, והשני - איתור צוללות, ותלמידי תיכון גדרה בנו מכשיר לאימון שוערים.

ד"ר ירון דופלט, ממיסדי התחרות, הוא בוגר (שלושה תארים) של המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים. "כיום, כמפקח על החינוך להנדסת מכונות במשרד החינוך, אני מחזיר את התחרות מקרית חיים לטכניון, וכאן היא תקיים מעתה ואילך."

"יש לתחרות הזו השלכות חינוכיות משמעותיות", אומר עודד רייספלד, המרכז את נושא המכטרוניקה במשרד החינוך. "חשוב לנו לחשוף בפני התלמידים את ההנדסה כתחום יצירתי ומרתק ולא כעיסוק קר ומנוכר. אנחנו גם פועלים להגדלת מספר הבנות שנכנסות לתחום, וכיום מהוות הבנות כ-40% מתלמידי המכטרוניקה. ברור לי שאם, לדוגמה, ישותפו נשים בתכנון מכונות, המכונות יהיו הרבה יותר מוצלחות."

ערכות רובוטיקה מסדרת NXT נקנו מחברת רובוטק טכנולוגיות בהנחה של 60%, והוענקו, כפרסים לבתי הספר שזכו בתחרות, על ידי ארגון "קדימה מדע" - נציגות של ארגון אורט העולמי - World ORT.



## ידי הרובוטיקה

# שמוענת את העריסה

בתחרות המכטרוניקה הארצית העשירית, שנערכה בטכניון ב-2 ביוני, זכו צוותים משישה בתי ספר: משגב, קרית חיים, כרמל-זבולון, נעורה, ירקון וכפר מנדא. המשתתפים נדרשו לבנות, באמצעות הערכות שניתנו להם (חיישנים, אבני לגו ויחידות NXT), רובוטים שימלאו משימה כלשהי שהם עצמם הגדירו, בפרויקט שיש בו תרומה לאדם. צוות "אורט אחווה" - בית ספר הממוקם בנעורה ולומדים בו נערים מכפרי הסביבה (נין, טייבה,

מאות תלמידים מכיתות א' עד ו' השתתפו באולימפיאדת רובוטיקה שנערכה בטכניון בחודש מאי במעמד שר המדע והטכנולוגיה, פרופסור דניאל הרשקוביץ.

הצוותים נדרשו להבקיע שער מהיר באמצעות רובוט, ולהשיב על שאלות בנושא רובוטיקה. נשיא הטכניון, פרופסור פרץ לביא, אמר כי הרובוטים שמפעילים התלמידים בתחרות אמורים להבקיע שערים "יותר טוב מליאו מסי", והוסיף שהוא מקווה שבעוד 12 שנה יפגוש את כל המשתתפים בתחרות כסטודנטים בטכניון.

בקטגוריית כיתות א'-ב' זכו תלמידי בית הספר "עליזה בגין" ממגדל העמק; בקטגוריית ג'-ד' - תלמידי "אורים" מקרית ים; ובקטגוריית ה'-ו' - תלמידי "כלנית" מכרמיאל.

התחרות נערכה על ידי חברת "ווייטק", המרכז לרובוטיקה ע"ש לאומי בטכניון, והפקולטה להנדסת מכונות. פרופסור משה שהם, ראש המרכז לרובוטיקה, אמר כי הקסם של הרובוטיקה גובר מיום ליום, עם כניסת הרובוטים לכל תחומי חיינו - בביטחון, ברפואה, בחקלאות ואף במשקי הבית. שר המדע והטכנולוגיה, פרופסור דניאל הרשקוביץ, אמר ש"היום תלמידים צעירים יודעים לעשות דברים שאני לא יודע, ואת ההון האנושי של המדינה מתחילים לפתח כבר בגיל הרך."

## מסי - ג'רסת העתיד

### מאות תלמידים השתתפו באולימפיאדת הרובוטיקה בטכניון

▶ שער מהיר. צילום: יוסי שרם





## דמות עלומה

"במשך שנים רבות היה משה ינאי דמות עלומה עבורי", אמר נשיא הטכניון פרופסור פרץ לביא. "רק לאחר שהתמניתי לתפקיד הנשיא ביקשתי להיפגש איתו, והוא נעתר. הוא התארח במשרדי, וזו היתה שיחת נפש ארוכה. גיליתי אדם מקסים ומעניין". בחודשיים הבאים גיבשו ינאי והנהלת הטכניון תוכנית טכניונית ל"מחנכי השנה", שבאמצעותה מעניק הטכניון פרסים אישיים ל-15 חברי סגל מדי שנה, הנבחרים על ידי ועדה משותפת של סטודנטים וחברי סגל. הפרסים הללו ממומנים בתרומתו של משה ינאי - 40 מיליון ש"ח.

נשיא הטכניון בירך את ינאי וסיפר כי "מה שריגש אותי במיוחד הוא שכאשר שאלתי את משה מה הוא מבקש שיהיה כתוב על הלוח המציין את תרומתו, הוא השיב בפשטות: משה ינאי, כפר יחזקאל".

מדוע משלמים לי כסף אם אני כל כך נהנה?" תוך זמן קצר הפך ינאי לאחת הדמויות המשפיעות ביותר בעולם בתחום איחסון המידע. את המהפכה הידועה ביותר הוא הוביל עם הצטרפותו לחברת EMC, שהפכה בזכותו מיצרן בינוני בתחום הזיכרון למחשבים לחברה המובילה בעולם באיחסון מידע בארגונים גדולים. ינאי רשם הצלחות נוספות רבות בהמשך, וארבעים פטנטים רשומים על שמו.

הודות לתרומתו העצומה לשתי החברות הגדולות שבהן עבד העניקו לו חברות אלו את המעמד היוקרתי IBM Fellow ו-EMC Fellow.

### הקשר הישראלי

בשנותיו הרבות בארה"ב לא ניתק ינאי את הקשר לישראל. הוא תרם רבות לחברות הזנק ישראליות, ועמד מאחורי הקמתן של שתי שלוחות ישראליות של חברת EMC.

# מהפכן מערכות סדרתי

לא רואים מהפכה כזאת. המכוניות כיום, למשל, נראות דומות מאוד למכוניות של תחילת המאה שעברה. גם המטוסים אינם נראים שונים משמעותית מכפי שנראו בראשית התעופה.

"המהפכות הגדולות ממש ארעו בתחום המידע: התפתחות הציור לפני ארבעים אלף שנה; הכתיבה - לפני כ-3,000 שנה; וכמובן המצאת הדפוס במאה ה-15.

"אבל בעשרות השנים האחרונות הוצאה מהפיכת המידע באופן חסר תקדים. ב-1956 יוצר הדיסק הראשון של IBM. הוא שקל 12 טון, והכיל 5 מגה-בייט. ב-1980 יוצר דיסק של 1 ג'יגה, ומחירו היה 80,000 דולר. כיום כרטיסי זיכרון קטנים מכילים הרבה יותר מזה, ובעולם האיחסון אנחנו מדברים על הרבה טרה-בייטים." משה ינאי סיים את לימודיו בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון בשנת 1975. "בתחילת דרכי עבדתי באלביט ונהייתי מאוד. לא הבנתי

ב-13 ביוני קיבל בוגר הטכניון משה ינאי, "הגורו של עולם האיחסון" ואחד הישראלים המצליחים ביותר בתעשיית ההיי-טק העולמית, את אות יקיר הפקולטה להנדסת חשמל. "נולדתי בזמן הנכון ולמדתי במוסד הנכון - הטכניון - שנתן לי כלים להמשך דרכי המקצועית", אמר ינאי בכנס שנערך לכבודו. "אני נרגש מן המעמד הזה." "מהפכן מערכות סדרתי" - כך הוגדר ינאי בטקס, שבו השתתפו רבים מעמיתיו וכן בוגרים נוספים של בני המחזור שלו - בוגרי 1975 בפקולטה, ביניהם ארבעה המכהנים כיום כפרופסורים בטכניון.

### ארבעים שנות איחסון

ינאי עצמו סיפר על ארבעים שנותיו בעולם האיחסון - תחום שהתפתח באופן שאין דומה לו בשום ענף אחר בתעשייה.

"אנחנו מסתכלים על תחומים טכנולוגיים שונים ובשום מקום

# בתזמון הנכון

## המרכז להנדסת מחשבים בטכניון יצא לדרך

מאת רן מרון

בחודש יוני נפתח בטכניון המרכז להנדסת מחשבים - TEC. בפעילות המרכז ישתתפו 600 סטודנטים לתארים מתקדמים ומאה חברי סגל - 15 מתוכם חברי סגל חדשים.

בראש המרכז עומד פרופסור אסף שוסטר, חבר סגל בפקולטה למדעי המחשב. "מדובר בשיתוף פעולה בין הפקולטה להנדסת חשמל לבין הפקולטה למדעי המחשב", מסביר פרופסור שוסטר, "והוא יוצא לדרך בתזמון נכון - כאשר המיחשוב הופך מקבילי, מבוזר וענני, ובתעשייה נדרשת הגדרה מחדשת של התחום."

לרגל פתיחת המרכז התקיים בטכניון כנס בינלאומי, בהשתתפות חוקרים ידועים מהאקדמיה ובכירים מתעשיית ההיי-טק. פרופסור אורי ויזר, חבר סגל בפקולטה להנדסת חשמל וממארגני הכנס, אמר כי הקמת המרכז היא "צורך חיוני. כל תחומי ההנדסה הולכים ומתקבצים, על אחת כמה וכמה כשמדובר בהנדסת חשמל ובמדעי המחשב. אין סטודנט בלימודי הנדסת חשמל שאינו כותב קוד, ואין סטודנט במדעי המחשב שאינו יודע על מה רץ הקוד שלו".

### משולש הזהב

פט גלסינגר, נשיא חטיבת תשתיות המידע בחברת EMC, הביע התפעלות מן החדשנות בתעשיית ההיי-טק בישראל. "ישראל היא מרכז של כשרונות חדשניים. מכיוון שאין לכם נפט, החדשנות הפכה לקטר של הכלכלה.

"בחדשנות יש שלושה מרכיבים - התעשייה, קרנות ההון-סיכון, והאוניברסיטאות המכשירות את היזמים. במשולש הזהב הזה, הקשר בין האוניברסיטאות לקרנות ההון-סיכון מתבטא באמצעות ספיין אופ של אוניברסיטאות, חממות וחברות יישום. משולש הזהב הוא מודל מוכח

לחדשנות, וישראל היא דוגמה טובה ליישומו". גלסינגר אמר כי "התעשייה לא היתה יכולה להתפתח ללא המוחות הצעירים שמגיעים מהאקדמיה. האקדמיה היא מקום שבו נובטים זרעים."

פרופסור ייל פאט, מאוניברסיטת טקסס, דיבר גם הוא על הקשר בין התעשייה לאקדמיה. "זהו קשר חשוב מאוד, אבל חשוב שינוהל בחוכמה. התעשייה לא אמורה להציב לנו בעיות עכשוויות לפתרון, אלא לאפשר לנו להגדיר את האופק המחקרי בעשור הקרוב."

## החבר'ה שלנו במאדים

בפעם הבאה שתתבוננו בתמונות שנשלחו לכדור הארץ מכלי הרכב הרובוטיים הנעים על פני הלכת מאדים, דעו כי שידור תמונות אלה מבוסס על אלגוריתם דחיסה שפיתחו שלושה בוגרי טכניון: גדי סרוסי, מרסלו ויינברגר וגיימרו ספירו. האלגוריתם פותח בזמן ששלושת החוקרים עבדו יחד במעבדות HP בפאלו אלטו, קליפורניה.

פרופסור ספירו, שהרצה בכנס, הוא כיום פרופסור באוניברסיטת מינסוטה. הוא נולד במונטווידאו, בירת אורוגוואי. בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון הוא עשה תואר ראשון, שני ושלישי, ולאחר פוסט-דוקטורט ב-MIT הוא עבד שלוש שנים במעבדות המחקר של HP בפאלו אלטו.

"הטכניון הוא דוגמה מעולה לשיתוף פעולה עם התעשייה", אמר פרופסור ספירו. "זהו שיתוף פעולה חשוב, שכן התעשייה יכולה לסייע בגיבוש תוכנית הלימודים ובחיבורם של הסטודנטים לצרכים האמיתיים של השוק. בנוסף, גורמים בתעשייה יכולים לתמוך בהשקעה בלימודים גבוהים גם בזמנים קשים, ולמנוע קיצוצים עמוקים בתקציבי האקדמיה. על האקדמיה והתעשייה לפעול כשותפות."

# בניגוד לסברה המקובלת:

# הוספת אי-סדר לגבישים קוואזי-מחזוריים מגב

## כיצד נשבר האור?

קלאודיוס פטולמי - אזרח רומי שהתגורר באלכסנדריה שבמצרים - היה הראשון שמצא את החוקיות המתמטית של זוויות השבירה של קרני אור העוברות בין חומרים שונים. רק 600 שנה מאוחר יותר (1621) מצא המתמטיקאי ווילבורד סנל את החוקיות המדויקת לפיה נקבעת זווית השבירה הזו (חוק סנל).

בהקשר של הולכת אלקטרונים, המודל הראשון הוצע בתחילת המאה הקודמת (בשנת 1900) על ידי הפיזיקאי פול דרודה. דרודה הניח שהאלקטרונים הם "כדורים קטנים" המתנגשים במהלך תנועתם לעיתים תכופות באטומים של החומר - "כדורים גדולים וכבדים" - ומבצעים בתוכם מהלך אקראי הנקרא "הילוך שיכור".

"למרות שהמודלים האלה, הן עבור אלקטרונים והן עבור פוטונים, תאמו את תוצאותיהם של ניסויים רבים, כיום ברור לנו שהתמונה הרבה יותר מורכבת ושהנחות היסוד של דרודה וסנל אינן מספקות", אומר פרופסור שגב. ב-1801 הראה הפיזיקאי תומאס יאנג, בניסוי פשוט של התאבכות משני סדקים, שהאור מקיים תכונות של גלים. באופן דומה ניבאה תורת הקוונטים את אופיים הגלי של חלקיקים כגון אלקטרונים. לאור תגליות אלו ברור שההנחות הבסיסיות ששמשו פיסיקאים ומתמטיקאים כמו סנל ודרודה היו לא מספקות: אם לאלקטרונים ולפוטונים יש תכונות גליות, הרי שהחלקיקים מסוגלים לבצע עקיפה של "מכשולים" ואף התאבכות כפי שמבצעים גלים בים. אי לכך, ההנחה המרכזית של דרודה - שהאלקטרון הוא חלקיק ("מעין כדור ביליארד קטן") הנע בקווים ישרים - אינה נכונה.

התורה האלקטרומגנטית (משוואות מקסוול) ושל תורת הקוונטים (משוואת שרדינגר) העניקו דחיפה עצומה להבנה של תנועת חלקיקים ואור בחומר. אבן דרך חשובה בתהליך זה היא עבודתו של הפיסיקאי היהודי, חתן פרס נובל פליקס בלוך.

בתקופתו של בלוך האמינה הקהילה המדעית כולה שכל המוצקים בטבע בנויים מחלקיקים (אטומים/מולקולות) המונחים באופן מחזורי זה ליד זה ויוצרים גביש מחזורי ומסודר. בלוך ניסה להבין כיצד מתנהגים אלקטרונים במבנים כאלו במסגרת תורת הקוונטים. בעבודת הדוקטורט שלו הוא התייחס לאלקטרונים

פתח תחום מחקר חדש במדע, ואחת השאלות הנחקרות בהקשר זה היא שאלת מוליכותם של מבנים אלה. במחקר הנוכחי בנו חוקרי הטכניון - הדוקטורנט ליעד לוי, הפוסט-דוקטורנט מיכאל רכטסמן ופרופסור מחקר מוטי שגב - קוואזי-גביש פוטוני, ואז הוסיפו לו אי-סדר ושיגרו לתוכו אלומת אור, במטרה לעקוב אחרי התפשטות האור בתוך קוואזי-גביש.

הרעיון למחקר האמור הועלה לראשונה על ידי שלשה חוקרים אחרים בקבוצת המחקר של פרופסור מוטי שגב - ברק פרידמן, טל שוורץ ועופר מנלה - לקראת סיום הדוקטורט שלהם (בהנחיית מוטי שגב) לפני כשלוש שנים. עם זאת, חלק מהותי בבעיה "פוצח" רק לפני כשנה על ידי לוי, רכטסמן ושגב.

החוקרים מסבירים כי אופן תנועתם של אלקטרונים בחומרים שונים קובע את תכונות ההולכה החשמלית שלהם, ואילו אופן תנועתם של פוטונים (חלקיקי אור) בחומרים שונים קובע את תכונות "הולכת האור" דרך חומרים אלו.

"ההנחה שכל המוצקים בטבע הינם בבסיסם מבנים מחזוריים אינה נכונה", מסבירים החוקרים. "ישנם מבנים בעלי מבנה אקראי, וישנם מבנים שיש בהם אי-סדר חלקי. אלה האחרונים הם המבנים שנבדקו בניסוי האחרון - גבישים קוואזי-מחזוריים, שחלקיקיהם אינם מסודרים בצורה מחזורית גבישית, אך גם אינם מפוזרים בצורה אקראית. אלה חומרים מסודרים שאינם מחזוריים, אבל יש בהם סדר כי ניתן למצוא במבנה שלהם תבניות דומות. העובדה שאי-סדר מגביר את מוליכותם של החומרים האלה נוגדת את הסברה המקובלת, ופותחת פתח למחקר נרחב בנושא זה."

מחקר שנוערך בפקולטה

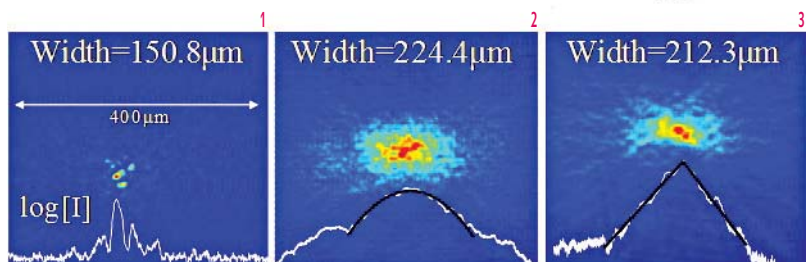
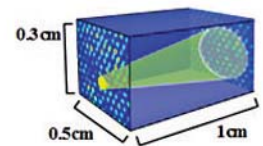
לפיזיקה משונה את הבנת

ההולכה בגבישים למחצה

הוספת אי-סדר לגבישים קוואזי-מחזוריים מגבירה את מוליכותם. כך גילו שלושה חוקרים מהפקולטה לפיזיקה, שאף הסבירו את המנגנון הפיזיקלי העומד מאחורי תופעה זו. התגלית האמורה, שהתפרסמה בכתב העת Science, מנוגדת לסברה לפיה קיומו של אי-סדר בתוך גבישים מדכא את ההולכה. למסקנות העולות ממחקר זה השלכות משמעותיות על חקר ההולכה של אלקטרונים ואור בחומרים שונים.

גבישים קוואזי-מחזוריים הם מבנים שהתגלו בראשית שנות השמונים על ידי פרופסור מחקר דן שכטמן מהפקולטה להנדסת חומרים - גילוי שבגיניו יקבל פרופסור שכטמן את פרס נובל בכימיה לשנת 2011 (ראו עמודים 2-5 בגיליון זה). ב-1984 פרסמו דב לוי (כיום פרופסור לפיזיקה בטכניון) והמנחה שלו לדוקטורט, פרופסור פול סטיינהארדט, את המודל התיאורטי המסביר תופעה זו. גילויים של הגבישים הקוואזי-מחזוריים

1. הולכה בגביש קוואזי-מחזורי ללא אי-סדר
2. הולכה בגביש קוואזי-מחזורי ברמה מועטה של אי-סדר
3. הולכה בגביש קוואזי-מחזורי ברמה גבוהה של אי-סדר



# יורוסים וחיידקים - דו קיום בתנאי עימות



▲ ד"ר דבי לינדל (משמאל) והדוקטורנטית שרית אברני מתבוננות בתרביית של כחוליות

מחקר בפקולטה לביולוגיה מסביר את יחסי הגומלין בין חיידקים לבין הווירוסים המדביקים אותם

▶ יורוס הדבוק לתא החיידק (צולם במיקרוסקופ אלקטרוני סורק על ידי שאולוב וסבחי)



כיצד מתאפשר דו-קיום ארוך טווח בין חיידקים לבין הווירוסים שמדביקים אותם? קבוצת חוקרים בטכניון בחנה את הסוגייה הזו בהקשר של מיקרו-אורגניזמים ימיים.

הכחוליות (Cyanobacteria) הן חיידקים ימיים המבצעים פוטוסינתזה, בדומה לצמחים. חיידקים אלו חיוניים מבחינה אקולוגית, שכן הם מייצרים חמצן וקולטים פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>). בנוסף לכך הם מייצרים סוכרים, שהם יסוד חיוני בשרשרת המזון הימית.

במשך מיליוני שנים "סובלות" הכחוליות מווירוסים שמדביקים אותן. באופן תיאורטי היה אמור תהליך זה להביא לכליונה של אוכלוסיית הכחוליות.

ד"ר דבי לינדל והדוקטורנטית שרית אברני מהפקולטה לביולוגיה בחנו את שאלת עמידותן של הכחוליות לווירוסים, וזאת באמצעות טכנולוגיה חדשה המאפשרת לרצף מחדש את הגנום. החוקרות עבדו בשיתוף עם ד"ר איתי שרון, פוסט-דוקטורנט מהטכניון, ועם ד"ר רותם שורק והדוקטורנט עמרי וורצל ממכון ויצמן. המחקר פורסם בכתב העת Nature.

החוקרים עירבבו זנים שונים של יורוסים וכחוליות, גידלו אותם יחד ולאחר מכן בדקו את הכחוליות ששרדו. באמצעות הטכנולוגיה האמורה הם זיהו את המוטציות שהפכו אותן לעמידות ואת מיקומן בגנום. "רוב המוטציות נמצאו בגנים שאחראים לייצור חלבונים המשפיעים על מבנה פני השטח של החיידק", מסבירה אברני. "המוטציות הללו מנעו, למעשה, את כניסת הווירוס לתוך החיידק."

החוקרים מצאו שמרבית המוטציות (ולכן גם מרבית הגנים ההכרחיים להדבקה) נמצאו באחד מחמישה "איים גנומיים" הקיימים בחיידקים אלה. האיים הגנומיים הם אזורים שבהם תכולת הגנים שונה בין פרטים שונים. לפיכך, כתוצאה מהשונות באי הגנומי האמור, כל פרט (חיידק) חשוף להדבקה של יורוסים מסוימים, ועמיד לווירוסים אחרים. כתוצאה מכך, מפגשים רבים בין יורוס לחיידק מסתיימים ללא הדבקה, וכך "ניצלת" אוכלוסיית הכחוליות מהכחדה מוחלטת.

# יורה את מוליכותם

כאל גלים, ופתר את משוואת שרדינגר עבור אלקטרונים הנעים במבנים מחזוריים.

החישוב של בלוך הניח את היסודות להבנה של תנועת אלקטרונים בגבישים, אלא שגם התיאור של בלוך לא היה מלא, ואף שהתאים לניסויים רבים, הוא לא הצליח להסביר תופעות רבות אחרות. "שתי הנחות מרכזיות לא נלקחו בחשבון", מסבירים החוקרים. "ראשית, התיאוריה של בלוך מתבססת על מבנה מחזורי מושלם - מבנה שקיים רק בתיאוריה, שכן בכל מערכת בטבע קיים גם אי-סדר כלשהו. לכן, על מנת לתאר הולכה בחומרים שונים, עלינו להניח שלמרות שמוצקים בטבע הם מבנים מחזוריים בכסיסם, יש בהם מידה מסוימת של אי-סדר - חורים, חלקיקים שאינם נמצאים במקומם, ואפילו חלקיקים מסוג שונה, המפוזרים באופן אקראי ובצפיפות נמוכה בתוך המבנה המחזורי."

בשנת 1958 פרסם המדען האמריקאי פיליפ אנדרסון פתרון ראשון לשאלת הולכת גלים (לרבות חלקיקים המתנהגים כגלים) במבנים מחזוריים (גבישים), שיש בהם גם מידה מסוימת של אי-סדר. בניגוד לדעה הרווחת עד אז, גרסה כי אי-סדר אמנם מפריע להולכה אך אינו מבטל אותה, הראה אנדרסון שהוספה של אי-סדר למבנה מחזורי בו נעים החלקיקים עשוי לבטל את המוליכות לגמרי. אנדרסון הראה שבתנאים מסוימים, האי-סדר ממקם את החלקיקים בתחום שממנו הם אינם יכולים לצאת. תופעה זאת נקראת "לוקליזציה אנדרסון" (Anderson Localization).

אנדרסון קיבל את פרס נובל לפיזיקה ב-1977, אולם רק כעבור שלושים שנה בוצע הניסוי הראשון ששיחזר את התנאים המדויקים שאליהם התייחס אנדרסון - הולכה במבנים מחזוריים בנוכחות אי-סדר.

הניסוי האמור בוצע במסגרת עבודת הדוקטורנט של טל שורץ וגיא ברטל, בהנחייתו של פרופסור שגב ובשיתוף פרופסור שמואל פישמן, גם הוא מהפקולטה לפיזיקה. החוקרים הצליחו להרכיב מערכת אופטית המממשת את התנאים מהמאמר שפרסם אנדרסון בשנת 1958, ולהראות לראשונה, בניסוי, את תופעת לוקליזציה אנדרסון.

פרופסור שגב מסביר כי "הניסוי הנוכחי, שפורסם בכתב העת המדעי Science, הוכיח שבחומרים קוואנטי-מחזוריים יכול אי-סדר לגרום להגברת ההולכה, וזאת בניגוד מוחלט לתרומת אי-סדר בחומרים מחזוריים (גבישים רגילים), שם הוא גורם להקטנת ההולכה ואף לעצירתה המוחלטת."

# שמייניות באוויר

## כך פועל מנגנון הקפיצה של הנתוזית - החיפושית שמנתרת בלי להשתמש ברגליה

נתוזית - זהו שמה של חיפושית ייחודית, וליתר דיוק, משפחה של חיפושיות. שמן העברי של חיפושיות אלו, בדומה לכינויין האנגלי (Click Beetles), משקף את יכולת-הקפיצה הייחודית שלהן: מנגנון ניתור המאפשר להן לקפוץ באוויר בלי להשתמש ברגליהן. מנגנון זה מאפשר להן לחמוק מטורפים פוטנציאליים - או פשוט להתהפך במקרה שהן "תקועות" על גבן.

**האם יש לכל זה קשר להנדסה?**  
במובן מסוים. נושא התנועה המבוקרת הוא עניין חשוב במערכות אוטונומיות (רובוטים עצמאיים). ניקח לדוגמה כלי רכב בלתי מאויש שמתהפך במהלך משימה. חשוב מאוד שרכב כזה יוכל להתהפך חזרה למצב פעולה גם בתנאי שטח קשים. תכנון כלי כזה הוא משימה מורכבת שדורשת חישה של הסביבה והתמצאות מרחבית.  
כפי שאנחנו לומדים מהנתוזית, האבולוציה מספקת לנו פתרון משלה לבעיה זו.

**האם הפתרון הטבעי-אבולוציוני אכן אפקטיבי?**  
הקפיצה מצליחה להפוך את הנתוזית רק בכ-50% מהמקרים. במילים אחרות, סיכויי ההצלחה בכל קפיצה זהים לסיכויי הכישלון. לכן יתכן שיידרו לחיפושית כמה קפיצות כדי לנחות, בסופו של דבר, על הרגליים. נכון שמהנדס שהיה מפתח מנגנון כזה לא היה מקבל הרבה מחמאות; אבל כפתרון אבולוציוני הוא מוכיח את עצמו, והפשטות של המנגנון הזה היא יתרון עצום.

**האם יש למחקר הזה יישומים אפשריים?**  
כן. כאמור, אפשר לתכנן על פיו כלי רכב שיידע להפוך את עצמו. אפשר לתכנן גם כלי רכב זעירים שיידעו לקפוץ מעל מכשולים.  
יישום אפשרי נוסף הוא מנגנון להיפוך חיישנים. נניח שאנחנו מעוניינים לפזר בשטח מסוים חיישנים רבים. הדרך הכי גיונית היא לזרוק אותם מהאוויר. עם זאת, ברור שחלק מהחיישנים יפלו על הקרקע כשהם הפוכים. באמצעות מפרק המבוסס על מנגנון דומה לזה של הנתוזית אפשר לגרום לכך שהחיישן יקפוץ באוויר עד שהוא ייפול במנח הנכון.



חמישים אחוזי הצלחה. נתוזית בשגרה

מנגנון זה נחקר בעבר, והמכניקה הבסיסית שלו ידועה: כאשר החיפושית שוכבת על גבה מופעל מנגנון נעילה המשמר את האנרגיה האלסטית שבגוף, ושחרורו של מנגנון זה מקפיץ את החיפושית באוויר, לגובה של כ-30 ס"מ.  
עם זאת, רמת השליטה של הנתוזית בקפיצה לא היתה ברורה עד למחקר הנוכחי, שנערך על ידי ד"ר גל ריבק (ראו מסגרת) ופרופסור מחקר דניאל ויס מהטכניון.  
ד"ר ריבק ופרופסור ויס, שחקרו גם את המגבלות הכיו-מכניות של הקפיצה, גילו כי אף שהנתוזית שולטת בכמה אלמנטים בקפיצה, "זווית השיגור" שלה כמעט שאינה משתנה. שיגור בזווית זו - 80 מעלות בקירוב - מקצה את מרבית כוח הקפיצה (98% מכוח זה) לציר האנכי, כלומר להתגברות על כוח הכבידה. על סמך שילוב בין תיאוריה (מודל פיזיקלי-מתמטי של פעולת הקפיצה) וניסוי (מעקב אחר קפיצותיהן של נתוזיות ממשיות) הסיקו החוקרים כי החיפושית שולטת במהירות השיגור - אבל לא בזווית הקפיצה.

### ד"ר ריבק, כיצד הגעת למחקר הזה?

שאלת האנרגטיקה של הקפיצה משכה אותי במיוחד. מדובר בחרקים שמאיצים את הגוף כלפי מעלה בתאוצה עצומה - יותר מפי 300 מתאוצת הכבידה (התאוצה של נפילה חופשית) - ולא ברור מדוע דרושה אנרגיה רבה כל כך כדי לבצע פעולה פשוטה כמו התהפכות. במבט נוסף שמתי לב לסלטות שהחיפושיות מבצעות באוויר, ורציתי להבין באיזו מידה שולטת החיפושית עצמה באקורבטיקה האווירית הזו.

▶ ניתור הנתוזית. סדרת התמונות מציגה קפיצה בודדת, בהפרשים של מאית השנייה בין צילום לצילום



## ללמוד הנדסה מהטבע

ד"ר גל ריבק הוא ביולוג החוקר את האקו-פיזיולוגיה של שחייה ותעופה בטבע, תוך התמקדות בפתרונות טבעיים, אבולוציוניים, לבעיות הנדסיות. "הטבע מספק לנו פתרונות פשוטים יחסית לבעיות הנדסיות רבות, שנראות לנו מסובכות מאוד", הוא מסביר.  
המחקר הנוכחי הוא חלק מן הפוסט-דוקטורט של ד"ר ריבק, במסגרת התוכנית הטכניונית למערכות אוטונומיות ובהנחיית פרופסור מחקר דני ויס מהפקולטה לאווירונטיקה וחלל.  
בעבודת הדוקטורט שלו (בטכניון, בהנחיית פרופסור זאב ארד מהפקולטה לביולוגיה ופרופסור דני ויס) הוא חקר את מנגנון הצלילה של ציפורים כגון קורמורנים, באמצעות מודל תיאורטי וניתוח ממוחשב של צילומי וידיאו תת-מימיים. ד"ר ריבק הראה כי הציפורים הצוללות מסתייעות ב"כוח עילוי שלילי", המתנגד לכוח הציפה ומאפשר להן להישאר מתחת לפני המים, כפי שכוח עילוי "רגיל" (חיובי) מתנגד לכוח הכבידה וכך מאפשר למטוסים לטוס באוויר.

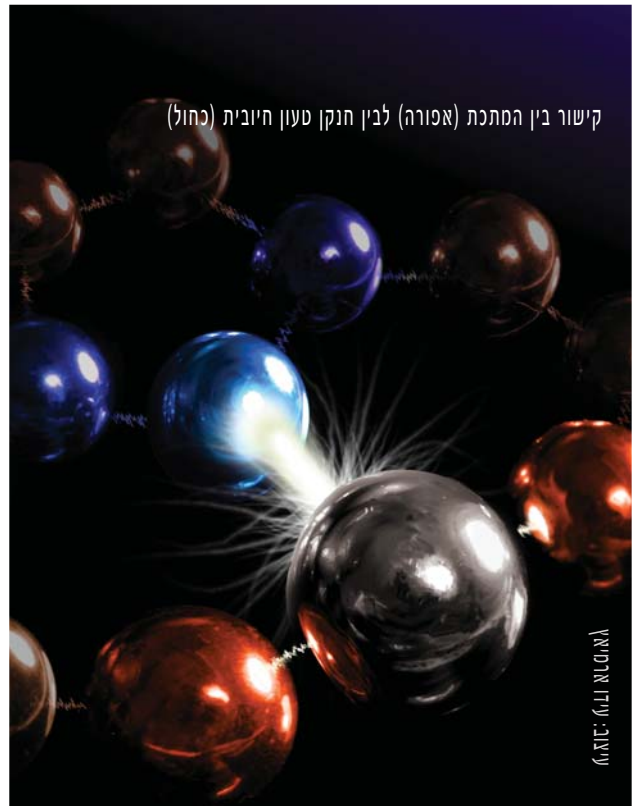
# מתכת וחנקן: קישור כימי חדש

חוקרים בפקולטה לכימיה ע"ש שוליוך גילו סוג חדש של קישור כימי ובכך השלימו, למעשה, "פאזל" בתחום המדע הכימי הבסיסי, בהקשר של תהליכי קטליזה. הגילוי פורסם בכתבת השער של כתב העת המדעי Nature Chemistry. "קטליזה היא תחום רחב מאוד", מסביר ד"ר מרק גנדלמן. "התחום הזה משפיע על חיי היום-יום שלנו במישורים רבים. תהליכים קטליטיים מאפשרים לנו ליצור חומרים חדשניים בעלי תכונות ייחודיות. רבים מהמוצרים שסביבנו - מזון, תרופות, רכב, מטוסים ועוד - מקורם בתהליכי קטליזה, ושוק הקטליזה העולמי נאמד ב-500 מיליארד דולר."

קטליזה מבוססת על פעילות של קטליזטור. קטליזטורים רבים בנויים מליבת מתכת וסביבה חומר אורגני המחזיק אותה. בין המתכת לבין החומר האורגני מתקיים קשר כימי, שמאפייניו חשובים מאוד, שכן אופי הקשר הזה קובע חלק מתכונות המתכת.

## יישומים אפשריים

ד"ר גנדלמן ועמיתיו גילו כעת קישור חדש בין מתכת לבין חומר אורגני המבוסס על חנקן בעל מטען חיובי. קישורים מסוג זה התבססו עד כה בעיקר על פחמן ויסודות ממשפחה זו, וזו הפעם הראשונה שמתגלה קישור לחנקן טעון חיובית. התגלית סוללת דרך לפיתוח קטליזטורים חדשים עם תכונות מיוחדות, ובהמשך - ליצירת חומרים פונקציונליים כגון תרופות וחומרים פלסטיים חדשניים.



קישור בין המתכת (אפור) לבין חנקן טעון חיובית (כחול)

אילון אורטאן

## פסאודו-אלסטיות:

# כך מתרחשת האינטראקציה בין ננו-גבישים

תכונה זו מאפשרת לננו-גביש לשמור על צורתו המקורית גם אם הכוחות הפועלים עליו גדולים מספיק כדי להתגבר על החוזק שלו. במחקר השתתף פרופסור דיוויד סרולוביץ, יו"ר המכון לחישובים עתירי ביצועים בסינפור.

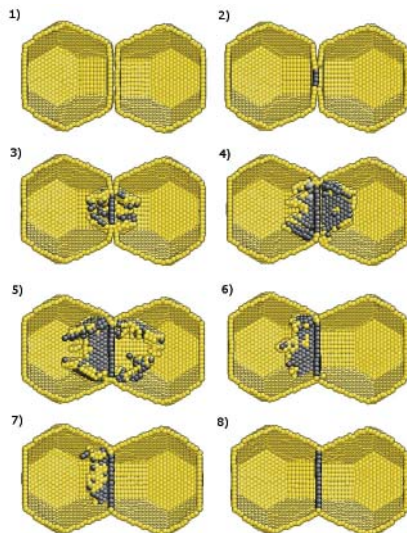
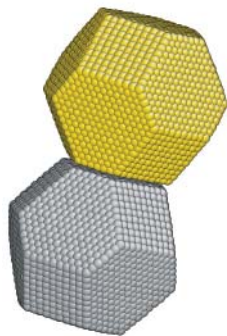
חוקרי הטכניון גילו מנגנון חדש ליצירת מגע בין ננו-גבישים, ובכך שפכו אור על תעלומה רבת שנים בתחום הננו-מכניקה. התגלית, שעליה דיווח כתב העת המדעי Physical Review Letters, הולידה מונח חדש: פסאודו-אלסטיות.

"בעולם המדע קיימות כיום שתי אסכולות מרכזיות בקשר לדרך שבה ננו-גבישים באים במגע ביניהם", מסביר פרופסור יוג'ין רבין מהפקולטה להנדסת חומרים בטכניון. "דעה אחת גורסת שהגבישים נמתחים כדי להיצמד (מְעָוֶת אלסטי), אך משהם נדבקים הם חוזרים לצורתם המקורית. על פי דעה אחרת, הכוחות הבין-אטומיים חזקים מספיק כדי להתגבר, במהלך ההתקרבות, על החוזק של הננו-גבישים ולגרום להם לשינוי צורה בלתי-הפיך (מְעָוֶת פלסטי) - כלומר משאיר בהם פגמים הקרויים בשפה המקצועית 'נקעים'."

"בתצפיות ניסוייות שנערכו בעבר התגלו בגבישים כאלה נקעים בודדים בלבד, וזאת בניגוד למודלים האנליטיים, שניבאו נקעים רבים לאור המאמצים המשמעותיים שנוצרים בננו-גבישים תוך כדי החתירה למגע. כדי ליישב את הסתירה השתמשנו בכלי סימולציה מתקדמים, באמצעות מחשב מקבילי עתיר-ביצועים הנמצא בטכניון."

"החישוב מבוצע ברמה האטומית", מספר ד"ר דן מרדכי מהפקולטה להנדסת מכונות בטכניון, שבעת המחקר עשה את הפוסט-דוקטורט שלו אצל פרופסור רבין. "אנו מתארים את הננו-גבישים באמצעות האטומים המרכיבים אותם והכוחות שבין האטומים. חישובים כאלה כוללים מאות אלפי אטומים."

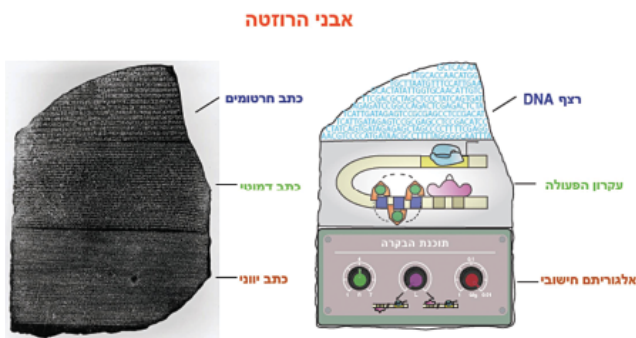
חוקרי הטכניון מצאו שאף אחת מן האסכולות אינה מתארת את התהליך באופן מלא. הם הראו בסימולציה שכאשר ננו-גבישים מתקרבים, כוחות האינטראקציה ביניהם גדלים לרמה כזו שאכן גורמת ליצירת נקעים רבים; אולם בתהליך ההיצמדות בין הננו-גבישים נוצרים נקעים נוספים, אשר מתקנים את הפגמים. התגלית הולידה מונח חדש בתחום הננו-מכניקה: פסאודו-אלסטיות.



תמונות מהסימולציות שבוצעו בטכניון, המציגות את תהליך יצירת המגע בין שני ננו-גבישים. משמאל: המבנה האטומי של הננו-גבישים לפני מגע. מימין: המנגנון הפסאודו-אלסטי בפעולה (1 עד 8). לצורך הצגת המנגנון מוצגים רק חלק מן האטומים המשתתפים בתהליך. אפשר לראות שתוך כדי ההיצמדות נוצרים פגמים רבים (האטומים הצבועים באפור כהה), אך הפגמים הללו נעלמים בהמשך והננו-גבישים חוזרים לקדמותם

# אבן הרוזטה של הביטוי הגנטי

ד"ר רועי עמית מפצח את מנגנון הפעולה של הבקרה הגנטית, במטרה לאפשר התערבות במנגנון זה לצרכים רפואיים ואחרים



ד"ר רועי עמית, חבר סגל חדש בפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הצליח לבנות בחיידק "אבן רוזטה ביולוגית". על הפיתוח החשוב, שהושג בשיתוף פעולה עם חוקרים ב-CalTech, שם עשה ד"ר עמית את הפוסט-דוקטורט שלו, דיווח כתב העת המדעי Cell.

צוות החוקרים הצליח לפתח הבנה חדשה של פעילות המעצמים (Enhancers) - רצפי DNA קצרים

השולטים ברמת הביטוי של גנים ביצור החי. אלה הם אובייקטים מודולריים המסוגלים לבצע אינטגרציה של אותות המגיעים מן הסביבה הפנים-תאית.

"בשנים האחרונות מתחילה להתבהר תמונה חדשה של הגנום, לפיה הגנום הוא כלי מורכב לאיחסון מידע ולהפצתו", מסביר ד"ר עמית. "אחת התגליות המרכזיות בביולוגיה בעידן הפוסט-גנומי היא העובדה שהשוני המהותי בין אורגניזמים - למשל בין עכבר לאדם - אינו נובע מגנים אלא משוני בביטוי שלהם. הביטוי הגנטי תלוי באלגוריתם, או תכנית, הקובעים מתי והיכן יבוטא הגן. זו בדיוק פעולתם של המעצמים, שהם עצמם אינם גנים.

"מטרת המחקר שלנו היא הפיענוח של אותה תכנית המבקרת את התהליך, ושימוש בידע זה לפיתוח יישומים רפואיים. כדי לעשות זאת אנו מפתחים את 'אבן הרוזטה' של הבקרה הגנטית, כלומר - כלי שיאפשר לנו לפענח את מנגנון הבקרה האמור, ויותר מזה, 'לפרוץ' למנגנון הבקרה של יצורים חיים ולשנותו. בדרך זו 'נכתוב' תוכניות חדשות, שלא קיימות בטבע, למטרות רפואיות, סביבתיות ועוד."

## ענף חדש במדעי החיים

ביולוגיה סינתטית היא ענף חדש במדעי החיים. היא פועלת מתוך גישה מכוונת, בשאיפה להשתמש ברכיבים ביולוגיים לכינון מערכות ביולוגיות חדשות שאינן קיימות בטבע. "בענף זה של הביולוגיה אנחנו מבקשים להשתמש בידע שלנו ליצירת פונקציות ביולוגיות. דרך העבודה הבסיסית בביולוגיה סינתטית היא שימוש ברכיבים גנומיים מאופיינים ו'בחיווטם' זה לזה בארכיטקטורות חדשות; פיתוח דפוסים המבוססים על מודלים תרמודינמיים; ולבסוף, ניתוח הפלט. תהליך זה מאפשר לחוקרים בתחום זה לחלץ עקרונות תכנות בסיסיים, שבאמצעותם ניתן לתרגם את הארכיטקטורה ואת הרצף לאלגוריתמים ממוחשבים."

במאמר ב-Cell הראו ד"ר עמית ועמיתיו כי ביכולתם להשתמש בגישה זו לפיתוח הבנה חדשה של אובייקטי הבקרה (המעצמים) בקרב חיידקים. הם הראו שניתן לבנות מעצמים מלאכותיים ופונקציונליים, ובאמצעותם לפתח מודל ביופיזיקלי של תכנית הבקרה, מודל שהוא מעין "שפת מכונה".

החוקרים מציינים כי פעילות המיחשוב המתרחשת בהקשר זה מזכירה תהליכים חישוביים אנלוגיים יותר מאשר תהליכים דיגיטליים. "אבן הרוזטה הזאת, בהקשר החיידקי, איפשרה לנו לנסח הבנה חדשה, או מודל איכותי, לדוגמאות רבות של מעצמים בחיידקים בטבע. כעת נוכל להבין, לפחות באופן חלקי, כמה מהתכניות הטבעיות שעדיין לא פוענחו."

הביולוגיה הסינתטית היא ההי-טק של הביו-טק. ד"ר רועי עמית

## מערכת ההפעלה של אלוהים

כיצד אדם נעשה מדען? במקרה של ד"ר עמית, התשובה פשוטה יחסית. "אני חושב שנולדתי כך", הוא אומר. "מי שעודד אותי היה סבי מצד אמי, רפאל בלגור. הוא היה איש חינוך שעסק בתחום הדיסלקציה. בתחילת דרכו היה שחקן ב"הבימה", ובהמשך - לוחם בכריגדה, מספר סיפורים, מרצה, איש ספר. הוא עורר בי סקרנות מדעית ודובר בהרצאה על מדענים. אני הייתי הנכד הבכור שלו."

ממערכת החינוך, לעומת זאת, אין לו זכרונות מרשימים. "הלימודים בישראל לא השאירו עלי את חותמם, למעט מורה מיוחדת מאוד, שלימדה אותי הסטוריה ואזרחות ב'ריאל' - מרים מיקולובסקי ז"ל. כאשר הייתי בן 13 נסעה משפחתי לניו ג'רזי, ארה"ב, וגם שם בית הספר לא היה להיט, למעט הכדורגל, טניס ויריד המדע שהתקיים אחת לשנה. באחת מחופשותי בארץ בנתיב עם סבי מטוסים מניו יורק תכננו הכל - משקל, אורך כנף וכו'. כשחזרתי לבית הורי בניו-ג'רסי, אבי הביא לי תוכנה שעשתה התאמה בין הנתונים וכך אפשרה לי לתכנן טיסון נייר משופר. ההצלחה בשנה הזו הגבירה את התיאבון, ובקפיץ הבא שכללתי את הפרויקט. בניתי זרוע מעץ, שתשגר את המטוסים בעצמה, והתחלתי לחקור טיסנים מעץ בלזה. אף על פי שפרויקט זה היה שיפור ניכר של הגרסה מניו יורק, השופטים ביריד לא העריכו את זה ולא העבירו אותי הלאה. בשנה שלאחר מכן איבדתי עניין, אבל המורה למדע הכניס את הפרויקט לתחרות - ודווקא אז הפרויקט זכה בפרסים ללא השתתפותי הפעילה. זו הייתה אכזבה מרה, אבל גם שיעור חשוב לגבי אופיו של עולם המדע האמיתי."

את לימודי התואר הראשון, בפיסיקה, הוא זוכר כתקופה מאתגרת. "היצירתיות והמחקר תמיד משכו אותי יותר מאשר הלימוד הפרונטלי בכיתה". עם סיום לימודיו לתואר הראשון הוא חזר לארץ, שירת בצה"ל ואחר כך עשה תואר שני במכון ויצמן, שם התחיל להתעניין ב"מערכת ההפעלה של אלוהים", כהגדרתו. במהלך הדוקטורט (אז עשה הסבה לביולוגיה) הכיר את אשתו, נעמי, שעשתה דוקטורט בביולוגיה. את הפוסט-דוקטורט עשה בביולוגיה סינתטית - "תחום שמכריח אותנו לבנות מערכות חדשות, וכך לבחון אם אנחנו באמת מבינים מה שנדמה לנו שאנחנו מבינים. הוא גם מאפשר לנו לשאול מדוע האבולוציה נעלה על דפוסים ספציפיים". ד"ר עמית מאמין שהביולוגיה הסינתטית תביא לפיתוח תרופות חכמות למחלות שהיום הן חשוכות מרפא. "נוכל אולי לאפשר לאנשים לראות צבעים חדשים, לפתח חיידקים שיעזרו לנו לפנות שדות מוקשים ישנים, ואולי אפילו לפתח חיידקים שמייצרים דלק לחלליות במהלך מסעך. זה אולי נשמע מדע בדיוני, אבל אני מנסה לצקת תוכן אמיתי לתוך האשליה והחלום. הטכניון הוא פלטפורמה אידיאלית לכך, משום שהוא בית ספר להנדסה עם קשר טוב לתעשייה. זהו תחום חדש וחדשני שיכול להיות ההי-טק של הביו-טק."



# ספר נבקשתך

קבוצת סטודנטים מהפקולטה  
למדעי המחשב בטכניון יצרה "ישום  
של "ספר הנכתב מעצמו",  
בנושא שהוגדר על ידי המשתמש

Bookit! - זהו שמו של פרויקט סטודנטים טכניוני, ה"כותב" באופן אוטומטי ספר על פי הנושאים שהגדיר המשתמש. התוצר הוא קובץ ערוך שהוא ספר לכל דבר - עם כותרות, טקסט, תוכן עניינים ותמונות. את הספר ניתן לקרוא במחשב או על קורא ספרים אלקטרוני, או להדפיס אותו.

"הרעיון הזה עלה במסגרת קורס בהנחיית פרופסור יוסי גיל, מסבירה מיכל ניר, אחת משמונת הסטודנטים שהשתתפו בפרויקט. "קיבלנו אלגוריתם שפותח על ידי אחד מחברי הסגל בפקולטה, וכל צוות התבקש למצוא לו יישום כלשהו. אחת מדרישות הקורס היתה להתייחס לכלל זה כפרויקט סטארט-אפ ולא כמטלה אקדמית. לכן היה חשוב לנו להציג מוצר מושך, עם שם קליט, שמעוצב באופן נעים וידידותי ועונה על צורך משמעותי."

במהלך הסמסטר עבדה הקבוצה באופן אינטנסיבי על פיתוח Bookit! וכיום זה למעשה מוצר שלם, שפתוח לשימוש באתר שפתחו הסטודנטים (<http://tiny.cc/bookitnow>). כדי ליצור ספר נדרש המשתמש להכניס מילות מפתח בנושא הרצוי - למשל Spain travel או art Picasso - ותוך זמן קצר (דקות ספורות, לכל היותר) הספר מוכן. "האתר נבנה בטכנולוגיות מתקדמות ומותאם בעיקר לדפדפני פיירפוקס וכרום", מוסיפה מיכל. "כאמור, יש כאן אלגוריתם בסיסי שקיבלנו בתחילת



חיפוש חכם ברשת.  
מיסין לשמאל:

ולדימיר רודנקו, רועי מגדל,  
איתמר אזולאי, אלון מורגנשטרן,  
ענבל סרצ'וק, סער גרוס,  
מיכל ניר, בנימין קמפר

השנה, אומר הסטודנט בנימין קמפר, "אבל היינו צריכים לעבוד עליו ולפתח אותו לצרכים הספציפיים שלנו. בכל פעם שנתקלנו בבעיה שיפרנו אותו כדי להתגבר עליה. "בשלב הזה האלגוריתם מחפש בוויקיפדיה את הערכים המבוקשים, ובונה מעין 'מדרג-רלוונטיות' של המופעים השונים, ומתוכם יוצר את הספר. במילים אחרות, זה לא חיפוש עיוור של הערכים האלה אלא חיפוש חכם מאוד, שמנתח את הרלוונטיות של החומר הקיים ברשת להגדרות שהמשתמש הכניס."

"אפשר כמוכן להרחיב את השיטה לחיפוש נרחב יותר ברשת, אבל זה דורש עבודה נוספת," מסביר סער גרוס, "ולנו היה חשוב מאוד להציג מוצר מוגמר ולא שלב ביניים בתהליך. לכן הגבלנו את עצמנו לעבודה עם ויקיפדיה, ואפשר לראות לפי התוצאות שזה עובד יפה מאוד, גם מבחינת איתור התכנים וגם מבחינת העיצוב הגרפי של הספר."

"אנחנו לא מתכוונים לעצור כאן, אלא להמשיך ולפתח את האלגוריתם והאתר על ידי שיפור היכולות הקיימות של המערכת והוספה של יכולות חדשות," אמר גרוס.

## טרשת נפוצה:

# גילויים חדשים

צוות מחקר מהפקולטה לרפואה ע"ש רפפורט גילה מנגנונים ביולוגיים המאפשרים לתאים אוטו-אימוניים לחדור למוח ולגרום להיווצרות של טרשת נפוצה. את שני המחקרים הנחו פרופסור אריאל מילר, חבר סגל בפקולטה ומנהל המרכז לטרשת נפוצה והיחידה למחלות נוירו-אימונולוגיות במרכז הרפואי כרמל, וד"ר תמר פפרנה. במסגרת עבודת ה-MA שלה גילתה הסטודנטית דנה חבס כי רמות גבוהות של אנזים בשם קטפסין מאפשרים לתאי המחלה לפרוץ את ה-Blood Brain Barrier (מחסום הדם-מוח) וכך לפגוע במוח. החוקרים מסבירים כי לאור זאת אפשר יהיה לאבחן את הטרשת הנפוצה על סמך הימצאותם של אנזימים אלה. בעבודה אחרת גילתה הדוקטורנטית אילנה מנדל כי בתאים אימונולוגיים, האחראים להתפרצויות חריפות של טרשת נפוצה, מופיעות על פני ממברנת התא מולקולות ייחודיות מסוג Claudin 5-TJP. להערכת החוקרים, האינטראקציה בין מולקולות אלה בדם לבין מולקולות דומות על פני האנדותרל המוחי מאפשרת לתאים האוטו-אימוניים לפלוש למוח ולגרום נזק נוירולוגי. עבודות אלה תורמות להבנת מנגנוני הפעולה של הטרשת הנפוצה ולפיתוח סמנים (Bio-Markers) לטיפול במחלה.

# נרצח - אך לא נוצח

## סיפורו של דניאל לוינ ז"ל, מייסד אקמאי, שנספה לפני עשר שנים במתקפת הטרור על ארה"ב



► עקשן, תובעני, סזיז הרים. דני לוינ ז"ל

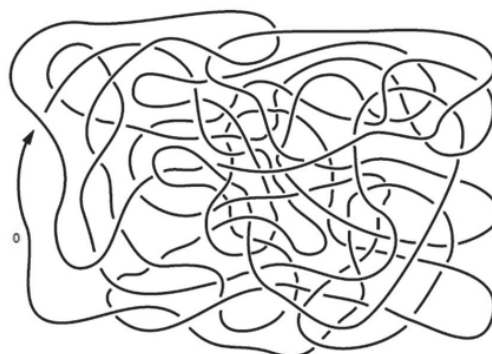
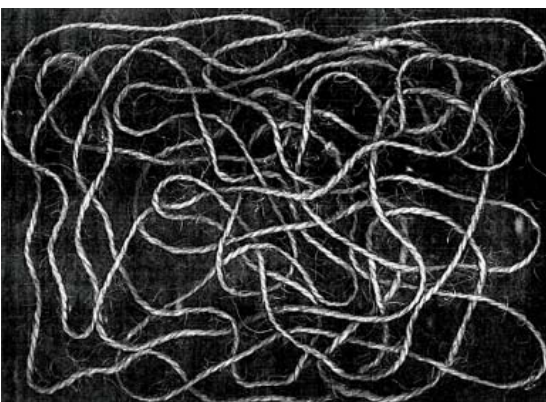
טובים. בהמשך גיליתי שאני ודני גרים בשכנות, ושהילדים שלנו משחקים באותו גן ציבורי." לוינ השלים תואר ראשון כפול (חשמל ומתמטיקה, בהצטיינות) והחל את התואר השני, אך ב-1996 עזב את הטכניון לטובת תואר שני ב-MIT. למעשה הוא התקבל לכמה אוניברסיטאות מובילות בארה"ב, וב-CalTech הוא קיבל הצעה למשכורת כפולה מהרגיל, אבל בחר ב-MIT. תוך שנתיים הוא סיים שם את התואר השני והמשיך לדוקטורט. יחד עם המנחה שלו, פרופסור טום לייטון (Tom Leighton), הוא ניגש לתחרות יזמות שקיימה האוניברסיטה. הפרויקט שלהם - הצעה עסקית למוצר שישפר את תעבורת האינטרנט בעולם - עלה לגמר אך לא זכה במקום הראשון. למרות זאת לא אמרו השניים נואש, ובשנת 1998 הקימו יחד את חברת אקמאי (ראו מסגרת), המבוססת על הרעיון ההוא. "היה לי כוח רצון פנומנלי", אומר פרופסור ברוקשטיין. "הוא האמין בטכנולוגיה של אקמאי והצליח לגייס אנשים מעולים, רבים מהם מ-MIT. הוא היה הלב והמנוע של החברה. נהגתי לבקר אותו בתקופת השבתון שלי במעבדות Bell, ואחר כך בנסיעות שלי לארה"ב. אני זוכר כמה התרשמתי מהמפה האלקטרונית הענקית בחדר הבקרה של אקמאי, שם היה אפשר לראות את מיקום השרתים שלה בעולם ואת העומס על כל שרת." ב-10 בספטמבר 2001 הגיע פרופסור ברוקשטיין לארה"ב והשאיר לדני - כרגיל - הודעה בטלפון הסלולרי: אני כאן, אשמח להיפגש. הפגישה ההיא לא יצאה לפועל. למחרת הגיעה אל פרופסור ברוקשטיין הבשורה המרה מ-MIT: דני היה על המטוס הראשון שפגע במגדלי התאומים.

מזג אוויר נעים ורגוע שרר במזרח ארה"ב בבוקר ה-11 בספטמבר 2001 - תנאים מושלמים לטיסה. בשעה 07:59 המריאה מבוסטון ללוס אנג'לס טיסה מספר 011 של "אמריקן איירליינס" ועליה הטייס ג'ון יוגנובסקי, אנשי צוותו ו-84 נוסעים. רק חמישה מהנוסעים - חמשת החוטפים שהצליחו לעבור בהצלחה את הבדיקה הבטחונית ולעלות למטוס - ידעו שהמטוס לא יגיע ליעדו. דו"ח הוועדה הלאומית לארועי 9/11 מתאר בפרוטרוט את היום הנורא ההוא. כרבע שעה אחרי ההמראה איבד מרכז הבקרה את הקשר עם יוגנובסקי. אחת הדיילות, בטי אונג, הצליחה לדווח לקרקע כי "אין תשובה מתא הטייס. מישהו נדקר במחלקה הראשונה... נדמה לי שהמטוס נחטף." על פי ההערכה המופיעה בדו"ח הוועדה, הנוסע שנדקר היה דניאל לוינ, בן 31. לוינ, שראה כי שניים מהנוסעים קמים וצועדים לעבר תא הטייס, ניסה לעצור אותם, אך נדקר בגבו על ידי אדם נוסף, שישב מאחוריו - ככל הנראה היה זה סתאם אל סוקאמי. כך היה לוינ לאחד ההרוגים הראשונים בארוע הטרור חסר התקדים שפקד את ארצות הברית - "אסון התאומים" או 9/11 (Nine Eleven). "מי שהכיר את דני לא מתפלא שהוא לא ישב בחיבוק ידיים", אומר פרופסור פרדי ברוקשטיין מהפקולטה למדעי המחשב בטכניון. "דני היה אדם אמיץ, בוגר סיירת מטכ"ל ויזם בנשמתו. הוא היה סטודנט מבריק אבל גם הרבה יותר מזה. מותו הוא אבדה עצומה."

### עלה כנגד רצונו

לוינ נולד בדנוור, ארה"ב. כשהיה בן 14 החליטו הוריו, צ'רלס ופגי, לעלות לארץ. דני הצעיר התמרמר קשות על ההחלטה, שניתקה אותו מביתו ומחבריו, אבל הוריו לא ייתרו. בשנים הבאות הפך הנער לוינ לציוני נלהב ו"מורעל", ובתום לימודי התיכון התגייס לצה"ל והתקבל לסיירת מטכ"ל. עם שחרורו, בדרגת סרן, החל ללמוד בטכניון. "במסגרת אחד הקורסים שלי תכנן לוינ, יחד עם אורלי גן, רובוט שמתיר קשרים", מספר פרופסור ברוקשטיין. "המאמר 'Trivial or knot', שמסכם את העבודה הזאת, לא ראה אור מפני שכולנו היינו עסוקים מדי, אבל בעיני הוא מאמר מצוין, ובעקבותיו הפכנו לחברים

▼ Trivial or knot - המודל של דני לוינ ואורלי גן, והקשר בחבל האמיתי



knot	trivial
[0, 101]	[162, 1]
[187, 6]	[166, 7]
[49, 12]	[124, 13]
[17, 156]	[18, 221]
[113, 22]	[23, 204]
[208, 27]	[28, 133]
[32, 69]	[33, 196]
[170, 37]	[38, 81]
[122, 43]	[119, 44]
[50, 193]	[51, 94]
[59, 178]	[60, 139]
[183, 64]	[66, 79]
[200, 71]	[72, 149]
[76, 145]	[78, 91]
[102, 85]	[177, 86]
[96, 121]	[97, 120]
[160, 105]	[163, 106]
[112, 129]	[114, 153]
[123, 192]	[154, 127]
[210, 135]	[137, 176]
[182, 143]	[197, 146]
[216, 151]	[203, 152]
[171, 184]	[172, 179]
[219, 206]	



## אקמאי: האוטוסטראדה של האינטרנט

חברת אקמאי - Akamai Technologies - צמחה על בסיס הטכנולוגיה שפיתח דני לוין במסגרת התואר השני והשלישי שלו, יחד עם המנחה שלו, טום לייטון. טכנולוגיה זו, הקרויה content distribution network, נועדה לפתוח את "פקקי התנועה" ברשת האינטרנט ולאפשר לרשת לתפקד היטב גם במצבים של עומס כבד. יום מותו של לוין, 9 בספטמבר 2001, סיפק לאקמאי אתגר כזה: תיפעול שרתי החברה באופן שימנע קריסה של רשת האינטרנט העולמית במצב של עומס קיצוני. אקמאי עמדה באתגר: בשעה שמערכות הטלפוניה (קווית וסלולרית) קרסו, האינטרנט המשיך לתפקד והיה למקור המידע העיקרי בשעות שלאחר האסון.

אקמאי מציעה שירות לחברות גדולות המחזיקות מידע רב האמור להיות זמין ברשת. הרעיון הבסיסי הוא זה: במקום שהחברות הללו יחזיקו שרתים משלהן, אקמאי מאפשרת להן לשמור את כל המידע באופן מבוזר בשרתיה, תוך הבטחה שהמידע הזה יהיה מוגן אך גם זמין, ומי שמבקש אותו לא ייאלץ לחכות שעות. הצלחת הטכנולוגיה של אקמאי הביאה אליה חברות מובילות רבות, ביניהן אפל, מייקרוסופט, אודי, HP, פוג'יטסו, BBC, אדובי, אמאזון ובואינג.

הטכנולוגיה האמורה היא מעין "שוטר תנועה אוטומטי" המכוון את המידע בין הלקוח, השרת והמשתמש באופן היעיל והמהיר ביותר. אקמאי מפעילה כיום 95,000 שרתים ב-72 מדינות, ורוב משתמשי הקצה (הגולשים) כלל אינם יודעים שהחומר שהם שולפים מהרשת אינו שמור על שרת של BBC או של אפל, לדוגמה, אלא על השרתים של אקמאי. רוב הגולשים אינם יודעים גם שאקמאי חולשת על עשרות אחוזים מתעבורת האינטרנט העולמית.

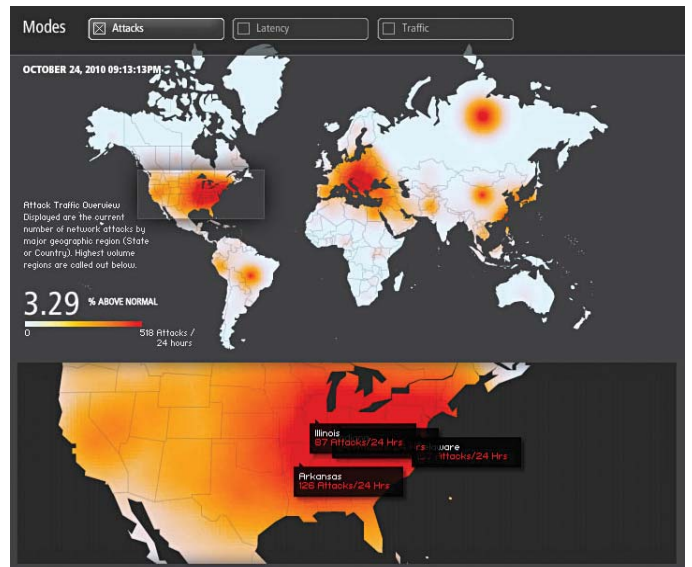
אקמאי לא היתה החברה הראשונה שניסתה להאיץ ולשפר את תעבורת האינטרנט באמצעות רשת של שרתים, אבל "הנשק הסודי" שלה - האלגוריתם של לוין ולייטון, המאפשר לשרתים שלה למפות ללא הרף את הרשת ולמצוא את השרתים הזמינים ואת הנתיבים הפנויים - איפשר לה להפוך לשחקנית המנצחת במגרש הזה.

"אקמאי הביאה לעולם לא רק חשיבה תיאורטית מקורית", אומר לורנץ, "אלא גם מודל עסקי חדשני מאוד, שבאותה תקופה לא היה נפוץ. בניגוד לחברות שמכרו מוצר (תוכנה), אקמאי מכרה שירות. ובניגוד לחברות שמכרו שירותים למשתמשים, הם מכרו את השירות לספקי התוכן - CNN, Yahoo וכו'. המהפכה של אקמאי פטרה את החברות האלה - לקוחותיה - מאחזקה של שרתים יקרים, ובנוסף שיפרה משמעותית את השירות שהלקוח מעניק למשתמשי הקצה. "החברה צמחה מהר מאוד מאוסף של תיאורטיקנים נטולי ניסיון עסקי לצוות רחב ומעולה. דני וטום הביאו אנשים מצינים וגם מנהלים מבריקים שיממשו את הרעיונות הבסיסיים שעליהם קמה החברה."

### האיש השווה מיליארדים

ביום ההנפקה, באוקטובר 1999, זינקה מניית אקמאי בכ-460%, ובסוף היום נסחרה לפי שווי שוק של יותר מ-13 מיליארד דולר והפכה את לוין ליזם ההיי-טק הישראלי העשיר בעולם. בשנת 1999 הגיע שווי המנייה לשיא - 345 דולר - אבל עם התפוצצות הבורסה היא צנחה לחצי דולר. "השווי של דני לוין 'על הנייר' עלה וירד יחד עם המניה, והגיע בשלב מסוים ליותר משלושה מיליארד דולר", אומר לורנץ, "אבל התנדדות לא שינו אותו - הוא המשיך תמיד לעבוד קשה ולחתור להצלחה."

"אקמאי חוללה בשעתו התלהבות שדומה בעוצמתה להתלהבות שקיימת כיום סביב 'גוגל', אומר פרופסור ברוקשטיין, "ולכן הצטרפו אליה המון אנשים מעולים, בעיקר מ-MIT אבל גם מאוניברסיטאות מובילות אחרות. דני סחף את האנשים האלה, הפיח בהם אמונה בכך שאנחנו נשנה את העולם" - וגם הצליח להגשים זאת."



▲ שוטר התנועה האוטומטי. מפת השרתים העולמית של אקמאי

"מהיום הראשון אפשר היה לראות שהוא נועד לגדולות", אומר משה לוינגר, שהוביל את לוין בפרויקט הראשון שלו ב-IBM. "הוא ניחן בביטחון עצמי גבוה מאוד, בתקשורת בינאישית מעולה ובחיוך תמידי. הוא היה אדם רציני ושאפתן מאוד, שהוכיח כי סטודנט מוכשר וחזק שווה כמה עובדים ממוצעים. כבר בתקופת עבודתו כסטודנט המחויבות שלו היתה מוחלטת, בניגוד לסטודנטים רבים שראו את העבודה אצלנו כעניין משני שנועד לממן את לימודיהם. הוא היה סופרסטאר, והוא הבהיר לנו ולעצמו שהוא ציר מרכזי בפעילות."

במרכז הפיתוח של IBM בחיפה קראו להם דנידין - דני לוין ודין לורנץ. הם הכירו בתחילת שנות התשעים בלימודים לתואר ראשון בטכניון (הנדסת חשמל), ועשו כמה פרויקטים יחד. כעבור שנים הזמין לוין את לורנץ לעבוד באקמאי, ולורנץ נענה - אך חזר לישראל כעבור שנה כדי להשלים את הדוקטורט.

"הוא היה אדם נדיר, עם התלהבות אינסופית ודחף עצום לעשייה", אומר לורנץ. "הכרתי אנשים חכמים יותר, והכרתי אנשים עם חוש עסקי מפותח יותר, אבל אצלו היה שילוב מנצח בין אינטליגנציה, חזון, יסודיות ויכולת יזמית. הוא היה 'מוטיבטור' שהצליח לסחוף את האנשים סביבו, ולמרות הכישרון העצום שלו הוא לא היה שחצן אלא אדם נחמד, עם חוש הומור ויכולת להפוך את עמיתיו לאנשים יותר טובים."

"הוא ידע להניע את עצמו ואת האנשים שסביבו, ולהפוך את 'הקשקשת' התיאורטית למשהו מעשי. הוא היה המנוע של אקמאי, וזה בא לידי ביטוי בתיפקוד שלו בחברה - מבחינה רשמית הוא היה CTO אבל הוא לא הפסיק לרוץ מלקוח ללקוח, להסביר ולהלהיב. הוא נסע המון, שכנע אנשים, לא נח לרגע."

"הם היו עצמאים מאוד", מספר שמואל אור, שהיה ממונה על "דנידין" בצוות האימות (ורפיקציה) ב-IBM. "לא היה צריך להפעיל אותם או להסביר להם הרבה. הם כתבו באופן וולונטרי מאמר לכנס שנקרא DAC, והגו המון רעיונות יצירתיים. דני היה אדם שזז מהר מאוד. הוא לא השתמש בפונקציית ההשלמה במחשב כי הוא היה דריז יותר מהמחשב, מהיר כמו מכונת ירייה. הוא היה מטאור."

### הרוח הזימית

אקמאי לא שכחה את לוין בעשור שחלף מאז מותו. דיוקנו תלוי באולם הכניסה למטה הראשי של החברה, שגם מעניקה פרס על שמו לעובדים המגלים רוח יזמית, מקוריות ויכולת "להזיז הרים". באחד מחדרי הישיבות בבניין כתובה אחת המילים שלוין אהב - obstreperous - שפירושה "עקשן ותובעני". לא רחוק משם, קרוב למעבדות המחשבים של MIT, שם נולד הרעיון שעליו מתבססת אקמאי, נקרא על שמו צומת רחובות מרכזי, המנציח את זכרו של לוחם הסיירת, בוגר הטכניון, שנספה באסון התאומים.

# פורצת הדרך



חייה של פרופסור רבקה השמשוני היו שלובים בתולדות הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים



העניקה חשיבות רבה לקשר עם הסטודנטים. פרופסור השמשוני ז"ל

פרופסור רבקה (ריקי) השמשוני נולדה בירושלים ב-1945, וכבר בגיל חמש הפגינה את נחישותה כאשר הודיעה להוריה ש"היא עם הגן גמרה" - השירים אותם שירים, הסיפורים כבר מוכרים, והיא רוצה ללכת לבית הספר.

כעבור כמה שנים עזבה המשפחה את ירושלים, ולבסוף הגיעה לחיפה. כך, בגיל 17, סיימה ריקי את המגמה הריאלית בבית הספר הריאלי בחיפה. כתלמידה מצטיינת, שניחנה גם בכשרון אמנותי רב, היא הגיעה ללימודי ארכיטקטורה בטכניון. חבריה לספסל הלימודים זוכרים את סיכומיה, הבהירים בתוכנם ובכתב היד, סיכומים שהיא שמחה תמיד להשאיל.

בתום הלימודים התגיסה ריקי לצבא, שם עסקה במקצוע האדריכלות. כבר אז היא הבינה שבניין, בנוסף להיותו יפה, צריך להיות פונקציונלי, ולשם כך יש להקשיב ללקוח ולהבין את צרכיו. לאחר השירות הצבאי חזרה לטכניון ללימודי התארים המתקדמים. היא נכנסה לתחום שהיה חדשני ביותר בתקופה זו - תיב"ם, כלומר תכנון בעזרת מחשב. ריקי פיתחה רעיונות חדשניים, שהפכו אותה לפורצת דרך בתחום, ומאמריה מצוטטים עד היום. לאחר השלמת

הדוקטורט בשנת 1975 נשארה בטכניון כחברת סגל. תחומי העניין שלה התרחבו לתחום השימור, תחום שאותו אהבה וגם בו הצטיינה. את תואר "פרופסור חבר" קיבלה בשנת 2005. ריקי עסקה כל השנים גם באדריכלות מעשית, אם כי בשנים האחרונות תכננה בעיקר עבור בני משפחה וחברים, שראו זכות גדולה בכך שקיבלו ממנה חוות דעת מקצועית.

## ערך האחריות המקצועית

בנוסף להיותה ארכיטקטית מוכשרת שימשה ריקי כרכזת לימודי הסמכה וכסגנית דיקן, ובמשך שנים ריכזה ולימדה סטודיו שנה א'. עם זאת, את רוב זמנה השקיעה בהוראה הישירה. ריקי האמינה בערך האחריות המקצועית של האדריכל, וראתה חשיבות רבה בהקנייתו של השכלה רחבה ורב תחומית לסטודנטים. היא הסבירה תמיד שאין ערך להעדפה שרירותית של צורות מסוימות על פני אחרות, ושלמעשה כל שפה צורנית היא לגיטימית אם היא מקיימת עקרונות של בהירות, היגיון ותכלית. ריקי לא היססה להציב סימני שאלה בפני האדריכלות האופנתית והעכשווית, ולהעמיד אותה במבחן השכל הישר. היה לה חשוב להנחיל עקרונות אלו לתלמידים בתחילת דרכם. בצוות המורים שבנתה לקורס שילבה תמיד מורים צעירים שיוכלו להמשיך בדרכה. הקשר עם הסטודנטים היה חשוב לה מאוד, וכך ליוותה מספר פעמים קבוצות סטודנטים לסדנה באיטליה. היא השקיעה שעות ארוכות בהנחיה ובתרגום הרצאות מאיטלקית לעברית, אך גם דאגה לסטודנטים, עודדה ותמכה.

בתקופה האחרונה, בשל מחלתה, התלבטה ריקי רבות אם להמשיך ללמד או לפרוש לגמלאות. דאגתה לסטודנטים, למורים שלימדו איתה ולפקולטה שבה השקיעה את רוב חייה, גרמה לה לדחות החלטה זו שוב ושוב. רק מותה באפריל 2011 בעיר מלגה, ספרד, הפריד אותה מהפקולטה ומהעיסוק שמילא את חייה.

תערוכת ליאונרדו דה וינצ'י בקומת המרתף המשופצת פיקוח צמוד על עבודת השימור



בפתיחת התערוכה של סנטיאגו קלטרואוה

הכיתה ההיסטורית



## שימור מכל הלב

בנוסף להשקעתה בהוראה בפקולטה מצאה ריקי זמן להקדיש לאהבתה השנייה - שימור מבנים בעלי ערך. בשנת 1984, כשישים שנה לאחר שנחנך הטכניון במתחם בשכונת הדר הכרמל, החליט הקורטוריון, בהמלצתו של נשיא הטכניון ד"ר מקס רייס, להפוך את קמפוס הטכניון בהדר הכרמל למשכן הקבע של המוזיאון הלאומי למדע, תכנון וטכנולוגיה - מרכז דניאל ומטילדה רקנאטי.

בניין הטכניון תוכנן ונבנה בין השנים 1912-1924, ונחשב לאחד הבניינים המרשימים שנבנו בראשית ההתיישבות בארץ ישראל. עם זאת, במהלך השנים נעשו בו שינויים לא מעטים - החללים הפנימיים חולקו ונוספו לו תוספות בנייה. גם פגעי הזמן נתנו בו אותותיהם. לכן, עם העברת הבניין לשימושו של המוזיאון, החליטה הנהלת המוזיאון שאחת המטרות החשובות של תכנונו מחדש היא "להחזיר עטרה ליושנה", תוך השקעת כל המשאבים הדרושים לשימורו של הבניין ולשיפוץ.

ריקי, כחברת סגל הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, מונתה להיות אחראית על עבודה זו ולשם כך קיבלה מהנהלת המוזיאון יד חופשית. ריקי חשבה שיש לשאוף להחזרת המבנה למצבו המקורי על פי תוכניתו של אדריכל הבניין, אלכסנדר ברוולד. היא הציעה לשפץ את המבנה ולהתאימו לצרכי החדשים תוך התערבות ארכיטקטונית מינימלית, שתאפשר למוזיאון לפעול בצורה מסודרת ותקינה. לקראת פתיחת המוזיאון לקהל הרחב ביוני 1986 נעשו בבניין רק עבודות שיפוץ הכרחיות, שאיפשרו להציג תערוכה על עבודותיו של ליאונרדו דה וינצ'י שהובאה ממילאנו. עבודות השיפוץ כללו ניקוי יסודי של הבניין בהתזת חול, והחלפת ריצוף השיש בחלל הכניסה בריצוף שיש חדש לפי התכנון המקורי של אלכסנדר ברוולד. לאחר פתיחת המוזיאון החלו עבודות מקיפות לשיפוץ המבנה ושימורו על פי הנחיותיה המקצועיות של ריקי.

מאפייני הבניין המקורי נלמדו מחלקיו שנשמרו, מתכניתו של ברוולד ומצילומים היסטוריים ומחקר. זה היה הבסיס לתכנית השימור שהכינה ריקי. חלק משחזור החללים המקוריים היה כרוך בעבודות מורכבות. היו חללים, כמו אולם הסנט היסטורי, שנבנו במקור כחללים גבוהים ובמהלך השנים פוצלו לשניים באמצעות יציקת תקרות בטון. כדי להסיר את התקרות נדרש ניסור של הבטון ושל ברזלי הקונסטרוקציה לחלקים, ואלה הוצאו מהבניין דרך החלונות באמצעות מנופים.

נוסף על כך נעשו פעולות רבות לשיפור חזותו של הבניין - חידוש הטיח, החלפת הרצפות באריחי שיש קארה, החלפת גופי התאורה ושיקום כיפותיו של הבניין שבמקור נבנו מאבץ. גם מערכות הבניין הותאמו ליעודו החדש - מערכת החשמל הוחלפה, הותקנה מערכת מיזוג אוויר ונוספה מעלית כדי לאפשר לאנשים עם מוגבלות גישה לכל קומותיו.

עוד ראוי לציין את שחזורו של "הכיתה ההיסטורית": על פי תכניתו של ברוולד היה בכל אחד מקצותיו של הבניין הסימטרי אולם הרצאה גדול. בעת תכנון המוזיאון הוחלט כי אולמות ההרצאה ימשיכו לשמש להדרכת קבוצות מבקרים, להדגמות ולהרצאות לקהל הרחב. אולם אחד חודש ושופץ ואילו האולם האחר שוחזר במתכונתו ההיסטורית, עם ספסלי הישיבה ושולחנות התלמידים המקוריים. הדבר נעשה באמצעות איחוד הרהיטים שנותרו שלמים בכל אחד מהאולמות וקיבוצם בחלל אחד.

יכולתה של ריקי לתרגם את תפיסתה האדריכלית המגובשת לכדי פתרונות מעשיים ויצירתיים, שביטאו הבנה של חומר, טכנולוגיה ועקרונות אסתטיים, הביאו לתוצאה אדריכלית מרשימה וקוהרנטית, שמשלבת ברגישות ישן עם חדש. הקפדתה של ריקי על פרטים ורגישותה לאיכויותיו האדריכליות של הבניין המקורי אפשרו להפעיל מוזיאון מודרני ועשיר במוצגים באופן פונקציונאלי, תוך מתן ביטוי מרשים לאופיו המקורי של הבניין ותוך הדגשת מעמדו ההיסטורי הייחודי.

כישוריה הרבים של ריקי הניעו את הנהלת המוזיאון למנותה לאוצרת והמעצבת של המוזיאון. בתפקיד זה עיצבה את כל המוצגים ואצרה את כל התערוכות הקבועות עד לפרישתה מהתפקיד בשנת 1998. על אף עושר המוצגים החווייתיים ומורכבותם הצליחה ריקי ליצור תערוכות בהירות, מאוזנות, שאינן עמוסות יתר על המידה. מעל הכול היו בעבודתה נשמה יתרה, מחשבה על המשתמשים ורגישות לצרכיהם. לצד עיצובן של תערוכות הקבע אצרה ריקי ועיצבה תערוכות מתחלפות, הן בנושאים שמצויים בחזית העשייה העכשווית והן בנושאים קלאסיים. בעזרת ידידה, פרופסור אלכסנדר צ'וניס מאוניברסיטת דלפט שבהולנד, נוצר הקשר עם הארכיטקט והמהנדס המפורסם סנטיאגו קלטראווה. לאחר שריקי נפגשה עמו בציריך היא אצרה את התערוכה "סנטיאגו קלטראווה - מבנים ותנועה".

התערוכה נפתחה בנוכחותו של קלטראווה, וזה היה ביקורו הראשון בארץ. בשנת 1998 עיצבה ריקי את התערוכה "לאונרדו דה וינצ'י - מדען ומהנדס" ובה מגוון עשיר של מוצגים על המצאותיו הטכנולוגיות ועל חקירתו המדעית של איש האשכולות בן תקופת הרנסנס. התערוכה הוצגה בחללים המחודשים בקומת המסד של המוזיאון, שריקי תכננה בהקפדה ובכישרון רב. חללים אלה התאפיינו בעיצוב נקי ואלגנטי שהדגיש את האיכויות הטקטוניות של קשתות, עמודים וקירות אבן שחילקו את הקומה לסדרת חללים רצופים ומרהיבים ביופיים. תערוכה זו היתה עבודתה האחרונה במוזיאון.

**כתבו: תמר השמשוני וצבי דורי**



▲ שיפוץ בניין הטכניון



# סיפור על אהבה והושך



▲  
"לצייר את הגורל שלי בעצמי."  
אחמד עבאסי

הוריו עטפו אותו באהבה ונלחמו

על זכותו לעשות הכל למרות עוורונו

• פגישה מקרית במחלקת העיניים

ברמב"ם הובילה אותו לטכניון -

"המסגרת המושלמת בשבילי"

• אחמד עבאסי, תלמיד מצטיין וסטודנט

מבריק, מסכם עשרים שנות חיים ושלושה סמסטרים בטכניון

כשקיבל אחמד עבאסי את זוג המשקפיים הראשון שלו, בגיל שלוש, הוא התעקש וטען שהמשקפיים לא עוזרים לו. ההורים התעקשו גם הם, והמשיכו לקנות לו משקפיים בתקווה לעזור לבנם. כיום שמורים בבית המשפחה בחיפה שישה זוגות משקפיים, סמל לנחישותה הנדירה של משפחת עבאסי.

סיפורו של אחמד עבאסי הוא סיפור שכל הקלישאות קטנות עליו. הוא נולד בארצות הברית לחאולה, מוכה לחינוך גופני, זייד, חבר סגל בפקולטה לרפואה ע"ש רפפורט ורופא במרכז הרפואי רמב"ם.

חודשים ספורים לאחר לידתו זוהתה אצלו מחלת עיניים

תורשתית בשם ניסטגמוס, המאופיינת בריצוד בלתי פוסק ובלתי רצוני של העין, וברגישות לאור. "זו מחלה שפוגעת רק בבנים", מסבירה חאולה, "והיא קיימת אצל כמה מבני המשפחה המורחבת שלנו, אבל רק באחמד היא פגעה באופן חמור כל כך - עיוורון כמעט מוחלט."

כשהיה אחמד בן ארבע חזרה המשפחה לישראל. זייד וחאולה סירבו לשלוח את בנם למסגרות מיוחדות, והוא למד בבתי ספר רגילים ואף תובעניים, ביניהם בית הספר של הנזירות הכרמליטיות בחיפה. כאשר היה אמור להתכונן למבחן היתה אמו יושבת לילות ארוכים ורושמת עבורו את החומר באותיות גדולות. בית הספר הלך גם הוא לקראתו, ואיפשר לו לעשות את המבחן בחדר המנהלת, עם עותק מוגדל של טופס המבחן.

אחמד סיים את לימודי התיכון בהצטיינות - הישג שזיכה אותו בתעודה מיוחדת מראש עיריית חיפה - והחל להתלבט באשר להמשך דרכו. "במשך שנים רבות חלמתי ללמוד בטכניון, אבל התייחסתי לזה כאל שאיפה בלתי אפשרית", הוא אומר. ואז, באחד מביקוריו במחלקת העיניים במרכז הרפואי רמב"ם, הוא פגש את פרופסור אורי בתר, רופא וחבר סגל (אמריטוס) בפקולטה לרפואה ע"ש רפפורט. "התחלתי לדבר עם אחמד וגיליתי אדם מבריק", מספר פרופסור בתר. "מהר מאוד הבנתי שאין

שום סיבה שהבעיה הגופנית הספציפית - המגבלה האופטית - תפריע לו לממש את כישוריו האינטלקטואליים יוצאי הדופן. יותר מזה: המגבלה הזאת חידדה את שאר החושים שלו, כפי שקורה בקרב עיוורים רבים. מעבר לכך, ראיתי מולי אדם אופטימי שאינו מתמרמר על גורלו, אלא מנסה להפיק מתוך הטרגדיה הגנטית שלו כל יתרון אפשרי. אם להשתמש בדימוי מעולם שיט המפרשים, הרי שיש כאן בחור צעיר שמנצל את הרוח כדי להפליג נגדה."

אחמד עצמו מצטרף לאבחנות הללו. "כשאני מסתכל על זה ברטרו, המגבלה שלי פעלה לטובתי. היא איפשרה לי לפתח כישורים שבן אדם רגיל לא מונע לפתח. הייתי חייב לשרוד, וזה אילץ אותי לדרוש מעצמי הרבה, לא לוותר לעצמי."

פרופסור בתר לא הסתפק בהתפעמות מנחישותו של הבחור הצעיר. הוא החליט לקשר אותו לטכניון, ובאביב 2010 החל אחמד ללמוד הנדסת מחשבים בפקולטה להנדסת חשמל (מסלול משותף עם מדעי המחשב). מאז תחילת לימודיו

# לחוש את השטח

## פיתוח חדש משפר את התמצאותם של עיוורים במרחב הציבורי

שיטוט בקניון, סידורים במשרד ממשלתי, רכישת כרטיסים בקופת הקולנוע - כל אלה הן פעולות פשוטות מאוד עבור רוב בני האדם.

עולמו של העיוור שונה לגמרי, ואתן פעולות מצריכות ממנו מאמץ עצום. כאשר אדם עיוור נכנס למבנה ציבורי בפעם הראשונה, הוא אינו יודע היכן ממוקמים השירותים, הקפטריה, הקופות ודלפק המידע.

נסמה חורי דור, תושבת נצרת, אינה עיוורת, אבל המחשבה על הקשיים שבהם נתקלים אנשים בעלי מוגבלויות הובילה אותה לאתגר הבא: שיפור יכולת ההתמצאות של עיוורים במבני ציבור.

במשך שנתיים תכננה נסמה מפות תלת-ממדיות, המאפשרות למשתמש העיוור לקרוא אותן באמצעות מישוש. בתחילה היא עיצבה סמלים תלת-ממדיים שונים למתקנים שונים: מעלית, מדרגות, מסדרון, קפטריה ועוד. לכל מתקן כזה היא עיצבה כמה סמלים אלטרנטיביים, ואז פנתה למדריכים באחד המרכזים לעיוורים, כדי שיבחרו את הסמל האופטימלי לכל פונקציה. על סמך בחירה זו היא יצרה, באמצעות המדפסת התלת-ממדית שבפולטה, מפות תלת-ממדיות של מבנה ציבור ספציפי בנצרת, שהכילו את אותם סמלים.

בשלב הבא היא בחנה את יעילותם של הסמלים ושל המפות עם שתי קבוצות של עיוורים בוגרים (מעל גיל 18). "העיוורים שעבדתי איתם התרגשו מאוד מהמפות שלי", היא מספרת. "זאת היתה הפעם הראשונה שהם התנסו בעבודה עם מפות תלת-ממדיות, אבל הם למדו לעבוד איתן מהר מאוד, ולנווט על פיהן".

## גן עדן למתכננים

נסמה היא סטודנטית לתואר שני במחלקה לעיצוב תעשייתי בפולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים. זהו המסלול היחיד בארץ, הכולל תזה בתחום העיצוב התעשייתי, וכמעט מאה סטודנטים כבר סיימו אותו. פרופסור נעמי ביטרמן, העומדת בראש המסלול, מסבירה כי הסטודנטים מגיעים לא רק מתחומי העיצוב והארכיטקטורה אלא גם מתחומי ההנדסה, המדעים המדויקים ומדעי החברה. "יתכן שהצירוף 'עיצוב תעשייתי' מטעה, ולכן חשוב לי להדגיש שאיננו מסתפקים בהתמקדות באסטיקה של העיצוב אלא מתמקדים במידה רבה בגורם האנושי. חשוב להבין שהטכניון, שבו מתפתחות הטכנולוגיות המתקדמות ביותר, הוא גן עדן למתכננים".

בטכניון נרשמו לזכותו "מאיו" רבות בקורסים השונים.

"הדאגות והשאלות שליוו אותנו מאז לידתו של אחמד עלו שוב בעוצמה גוברת כשהוא התקבל לטכניון", מספר אביו זייד. "חששנו שהמוסד היוקרתי והתובעני הזה עלול 'לבלוע' אותו. בימים הראשונים הלכנו איתו מהמעונות לפקולטה, וליווינו אותו לתוך אולם ההרצאות כאילו אנחנו סטודנטים מתחילים כמוהו. מהר מאוד גילינו שההתמצאות בטכניון היא הבעיה הקלה. אם בבית הספר ישב אחמד בשורה הראשונה, והמורה הקריא לו, הרי שכאן זו 'עיר' עם מאות סטודנטים בכיתה, ואחמד נאלץ להיאבק על חייו האקדמיים".

### היו רגעי משבר?

בוודאי. היו רגעים של שברון, דמעות ואפילו חוסר אונים. לעתים הייתי הולך אחריו בחשאי כדי לראות אם מצליח להגיע לאולמי ההרצאות, יושב באולם ללא ידיעתו כדי לראות איך הוא מסתדר, ניגש למזכירות ולמתרגלים כדי שתינתן לו הזדמנות למצות את יכולותיו המדעיות והרוחניות המדהימות. אבל מעולם לא ביקשתי שום הנחות עבורו.

אני חייב להודות שברגעים מסוימים בשנה הראשונה שקלתי לבקש שנת חופשה ללא תשלום כדי להצטרף אליו בהרצאות, לכתוב עבורו ולהקריא לו. לשמחתי אחמד נאבק בנחישות שאפילו אני לא יכולתי להעלות על הדעת. אני מבקש להודות בהקשר זה ליחידה לקידום סטודנטים, שתמכה באחמד וליוותה אותו ברגעים הקריטיים בחייו.

"ההורים שלי תמיד גוננו עלי", אומר אחמד, "אבל גם נלחמו על הזכות שלי לעשות הכל, למשל ללמוד בבית ספר רגיל. הם לא שמו אותי בצמר גפן, אבל תמיד נתנו לי חופש לבחור את העתיד שלי ולצייר את הגורל שלי בעצמי".

### ומכנינת המטלות האקדמיות?

"אנשים מדברים על זה שהלימודים בטכניון 'רצחניים', אבל זה לא נכון. אפשר לראות את המוני הסטודנטים שממלאים את בית הסטודנט, ואת ימי הספורט וההרקדות, אז ברור שרוב הסטודנטים מוצאים זמן לבלות וליהנות. מי שסובל כאן זה מי שלא הכין 'שיעורי בית' לפני שהחליט ללמוד בטכניון, ופשוט לא הבין למה הוא נכנס.

### האם קיבלת כאן עזרה מיוחדת כלשהי?

היחידה לקידום סטודנטים עושה המון בשבילי, למשל הסדקה של עותק מבחן מוגדל, בחדר נפרד, עם האביזרים שלי. יש לי ציוד שלא ידעתי על קיומו כשלמדתי בתיכון - כל מיני אביזרים ייחודיים שמקלים על חייהם של עיוורים, בין השאר אביזרים של עמותת "מגדל אור".

הלכו לקראתי גם בנושא המעונות, ואני מתגורר בבניין עם מעלית, עם שותף שעוזר לי בהתנדבות מלאה. את הדרך מהמעונות לפקולטה עשיתי פעם ראשונה עם אבא, כמו שאני עושה תמיד, וכיום אני עושה אותה לבד, על סמך צבעים (אני מזהה צבעים) ובעזרת הזיכרון שלי.

### נשאר לך זמן פנוי?

בטח. אני לא מוותר על התחביבים שלי - פילוסופיה, התפתחות הדתות, שפות ואטימולוגיה אנגלית.

### איפה אתה לומד את כל זה?

לבד, מספרים ומהאינטרנט, כאשר אני נעזר באמצעי הגדלה וטלוויזיה במעגל סגור.

### ומה עם הפן החברתי?

זה לא פשוט, כמובן. הרבה אנשים שפוגשים אותי בפעם הראשונה חושבים שאני "רגיל". אחר כך, כשהם רואים אותי ברחוב ואני לא אומר להם שלום כי אני לא מזהה אותם, הם נעלבים. למועדונים אני לא הולך עם חברים, כי אני לא רוצה לעשות להם בושות. אבל כיום זה כבר יותר פשוט. בתקופת הילדות זה קשה במיוחד, כי אצל ילדים, העיסוק בסטטוס החברתי הרבה יותר אינטנסיבי. אבל זה משהו שהייתי חייב לעבור, ואני לא מאשים אף אחד.

### ומה לגבי העתיד?

כיום כבר ברור לי שאני מעוניין בקריירה אקדמית, ואני משער שבשל המגבלות שלי העיסוקים שלי יהיו תיאורטיים, אולי תיאוריה משולבת-מחקר. אבל יש עוד זמן עד שאצטרך להחליט. אני רק בן עשרים.





פתרונות ממשיים. מתוך עבודה של ילנה גרייס, ודאד סעלופ ופולינה גלזמן

## הטכניון בעפולה

במטרה להכיר את העיר ואת אנשיה באופן אישי ובלתי אמצעי. הצוותים נפגשו עם אנשי העירייה, עם תושבים ותיקים ועולים חדשים, עם נוער, מבוגרים וקשישים, במטרה להבין - מנקודת הראות של תושבי עפולה - מה חשוב, מה קשה, מהם החלומות. לכך נוספה הראייה המקצועית שלנו, כאדריכלים ומתכננים. אחד המרכיבים המרכזיים בעבודות האלה הוא יחסי הגומלין בין עפולה למרחב של עמק יזרעאל וליישובים השונים במרחב זה.

עפולה, והצעה להתערבות מקומית באמצעות "מחולל אורבני" כלשהו. "במהלך השנה נפגשנו עם ראשי העיר וגם עם תושבים, ולמדנו לעומק את הבעיות השונות הקיימות כאן." מסבירה פרופסור איריס ערבות, שריכזה את הקורס. "כל אחד מהצוותים בחר מרחב מסוים בעפולה או באזור, והציע התערבות מקומית - לא תכנון כולל לעיר אלא פתרונות לבעיות ממשיות. השלב הראשון הוקדש להתקרבות וללימוד,

בחודש יולי התקיימה בגלריה העירונית עפולה תערוכה ובה עבודותיהם של סטודנטים מהטכניון. התערוכה, "עפולה - מעבר למייד", מציגה תוכניות שונות לפיתוח העיר וסביבתה, שהוכנו במסגרת קורס מעשי בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים. בקורס השתתפו ארבעים צוותים, בהנחייתם של שמונה מורים, במסגרת קורס בעיצוב עירוני (שנה שנייה). בתערוכה הציג כל צוות קריאה פרשנית משלו למקטע מסוים בעיר

# סכנת הכוש

מאת אבי שמול

מי שתהה עד כמה תשפיע הרפורמה בחוק התכנון והבנייה על יכולתו להתנגד להקמת מגדל מגורים מול חלון ביתו, או אפילו להקמת מרפסת בביתו של השכן, יכול היה לקבל כמה תשובות ביום עיון שהוקדש לנושא זה בטכניון. יום העיון נערך במרכז לחקר העיר והאזור ע"ש קלצניק בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, בהשתתפות אנשי מקצוע ממגוון רחב של רשויות רלוונטיות: משרד המשפטים, משרד הפנים, מינהל התכנון, החברה להגנת הטבע, ועדה מקומית, התאחדות הקבלנים, האגודה לזכויות האזרח ועוד.

### התשמע קולי

מארגנות האירוע, פרופסור רחל אלטרמן וד"ר דפנה כרמון, חשפו במפגש ספר חדש פרי עטן, "התשמע קולי", העוסק בזכותו של האזרח הישראלי להתנגד להליכים המתקיימים במוסדות התכנון. החוקרות ציינו כי הציבור הישראלי - ובעיקר האוכלוסייה האמידה - מנצל היטב את זכות הטיעון בהליך התכנון. ועם זאת, על רקע הרפורמה הנמצאת בהליכי תכנון מתקדמים, נראה כי תלותו של הציבור באנשי מקצוע תגבר בשנים הקרובות.

"מאז שנות השמונים, שבהן לא חיובו המתנגדים בהוצאת התצהיר, גדל שיעור

הרפורמה בחוק התכנון והבנייה

עמדה במרכזו של כנס שנערך

במרכז לחקר העיר והאזור בטכניון

בין ההמלצות: ביטול חובת התצהיר,

המקשה על האוכלוסייה הלא אמידה

## "מרחב הכרמל" - מונח חדש, קונספציה חדשה



"מרחב הכרמל" - צירוף חדש זה, שנבטע במסגרת "הסטודיו המשלב" בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, עמד במרכזו של יום עיון שקיימה הפקולטה ב-4 ביולי. בעקבות הצלחת הסטודיו ייפתח גם בסמסטר הנוכחי קורס סטודיו משלב, שמרחב היעד שלו הוא קרית הטכניון. פרופסור שמאי אסיף, שהוביל את הסטודיו והנחה את יום העיון, הסביר כי "הסטודיו המשלב מדגיש את תפקידו הסינרגטי של התכנון, ואת האחריות החברתית והסביבתית המוטלת על העוסקים בתכנון המרחב". השנה התמקד הסטודיו ברכס הכרמל, ולכן הוזמנו ליום העיון ראשי רשויות ונציגים מהרשויות המקומיות באזור. מהנדס העיר יקנעם, מייק סקה, אמר כי "לצערנו, שם המשחק הוא אגו. כל אחד רוצה להקים אצלו את פארק התעשייה הכי גדול ואת המלונות הכי מפוארים, והתוצאה היא שכל רשות נוגסת מהכרמל במקום לתרום לו". ראש מועצת עוספיה, וג'יה כיוף, אמר כי "כולנו חיים במרחב אחד. הבעיה היא שערים כמו חיפה לא רוצות שיתוף פעולה, וזה מחסום משמעותי בפני מימוש הרעיון של 'מרחב הכרמל'". קארין גל ואורי שאנן, שהפיקו את יום העיון, אמרו כי הסטודיו יצר חוויה חשובה ומשמעותית לסטודנטים. הפרויקט כולו תועד בספר דיגיטלי הנמצא בכתובת: <http://tx.technion.ac.il/~shaanan>

בין עיר לכפר - שאלת הזהות של היישוב הדרוזי-ערבי. מתוך עבודה של יעל חן-אגמון

# פ ט י ז צ י ה

מאמו אמר כי לדעתו חשוב לקבוע כי במקרה של הגשת ערר, הצד המפסיד יצטרך לשלם עבור ההוצאות שגרם לצד השני.

### מעט מדי, מאוחר מדי

הדוברים ציינו גם את נקודות הזכות ברפורמה, שנועדה לפטש ולקצר את הליכי התכנון והבנייה. הרפורמה משפרת את יכולתו של הציבור להתנגד, ומבטלת את המעמד המיוחד והבעייתי של הגופים הציבוריים.

הממונה על מחוז חיפה במשרד הפנים, יוסף מישלב, שזה לו ביקורו הראשון בטכניון, אמר כי "שיתוף הציבור ברפורמה נעשה מעט מדי ומאוחר מדי. כאלוף פיקוד העורף למדתי שככל שתשתף את האוכלוסיה מוקדם יותר, כך תשפר את היכולת להתמודדות עם משבר".

עצמן כדי להשמיע את התנגדותם. לפי החוק החדש תמנה הוועדה חוקר מטעמה שישמע את ההתנגדויות ויגיש לה את מסקנותיו. ההליך אכן צפוי להיות יעיל יותר ואולי אפילו יסודי יותר, אבל מחיר היעילות הוא שאדם אחד בלבד - שאינו נבחר ציבור - ישמע את הטענות ויגיע למסקנות על פי השקפת עולמו בלבד. חשוב לציין גם כי לפי הנתונים שבידנו, הפנייה לעורך דין אינה משפרת תמיד את התוצאות מנקודת ראותו של הפונה.

נציג התאחדות הקבלנים והבונים, עו"ד אייל מאמו, טען כי "ישנה קלות בלתי נסבלת של חבלה בתהליכים. אנו מכירים מקרים רבים בהם קבלנים הסיכמו לשלם לגורם סחטן שהגיש ערר, שכן הם האמינו שרק כך יוכלו לעצור את הסחבת ולצמצם את הנזק הכספי שייגרם להם". עו"ד

המתנגדים המיוצגים על ידי עורכי דין מ-24% ל-63%, אמרה אלתרמן. "בבריטניה, לעומת זאת, רק 10% מהמתנגדים נעזרים בעו"ד". "הרפורמה אינה מקלה על הציבור להתנגד. יתר על כן, לאחר אישורה יידרש כל מתנגד לציין גם את השינויים שהוא מבקש לכלול בתוכנית. הוראה זו תייצר מן הסתם עבודה נוספת לעורכי דין ולאנשי מקצוע נוספים. אני הייתי ממליצה למתכנני הרפורמה בחוק להנהיג סינוגוריה ציבורית לענייני תכנון ובנייה, ובכך לאפשר שירות שוויוני יותר לכלל הציבור".

### מחיר היעילות

"צריך להילחם במשפטיות, הזו, שמדירה את רגליו של מי שמפחד שלא יוכל לממן סיוע משפטי. כיום מגיעים המתנגדים לוועדות

אין גבול לדמיון. ניב-יה דורבן ז"ל



הראש שמאחורי "טכנוראש"

# המושך בחוט

הסטודנט אייל כהן הגיע ל"טכנוראש" עם היוזם הכי קטן - ולקח בגדול

אייל כהן (27), סטודנט בפקולטה להנדסת מכונות, הוא הזוכה בתחרות ה"טכנוראש" שהתקיימה בטכניון ב-15 ביוני. במקום השני בתחרות זכו ישי צימרמן (78) מקיבוץ עין חרוד איחוד ונכדתו גולן צימרמן (16) מצור יגאל. במקום השלישי זכתה קבוצת הסטודנטים Kiss (שמה של הקבוצה השלישית הוא קיצור של הביטוי Keep it Simple Stupid, שטבע מהנדס האווירונאוטיקה האמריקאי קלי ג'ונסון בתכנון מטוס הביון U-2 של חברת לוקהיד).

קיומו של הטכנוראש עמד השנה בספק עקב בעיה באיתור מנהל לתחרות. שלושה חודשים לפני המועד המתוכנן לתחרות גויס שלומי בן-שבת, סטודנט לתואר שני בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול. "הוא הגיבור הגדול של התחרות השנה", אמר דוד דורבן, אביו של הוגה תחרות הטכנוראש ניב-יה דורבן ז"ל. "התחרות הזאת היא שילוב נדיר בין הפן הטכני וההנדסי לבין הפן היצירתי", אומר בן-שבת, "והתלהבותי ממנה כבר בפעם הראשונה שראיתי אותה, ב-2005. "הבעיה היא שנכנסתי

▶ העיטורים - עבודה של "טלטל". טלבוץ 2000

לתפקיד בדקה התשעים והייתי חייב לנסח את המשימה במהירות כדי להשאיר למתחרים זמן מספיק לתכנון ולבנייה. חשבנו על יו-יו, אבל היה צריך להגדיר את המשימה באופן הכי ספציפי, ובסופו של דבר הלכנו על היו-יו הגבוה בעולם. יו-יו שיוטל מגובה 30 מטר, עם חבל באורך 20 מטר."



בפניו של כל אחד מהמשתתפים בתחרות אני רואה את פניו של בני. רחל ודוד דורבן

ה"בקבוקאבולה", ה"דשארק", וכעת ה"יו-יו גאם". רחל ודוד דורבן, הוריו של ניב-יה, לא הסתירו את התרגשותם ביום התחרות השנה. "קשה לחשוב על הנצחה נכונה יותר מתחרות הטכנוראש", אמרה רחל. "בפניו של כל אחד מהמשתתפים בתחרות אני רואה את פניו של בני - את ההתלהבות, את היצירתיות, את המחשבה ההנדסית החדשנית והפתוחה."

"תחרות הטכנוראש היא ההנדסה במיטבה: תכנון בתנאים אמיתיים של אי-ודאות", אמר פרופסור דוד דורבן, חבר סגל בפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל. "בתנאים הקשים האלה נדרשים המתחרים לבנות דבר שמעולם לא נבנה קודם. כל התכונות החיוניות להנדסה - מנהיגות, יצירתיות, עבודת צוות וחשיבה אינטגרלית - באות כאן לידי ביטוי. התחרות מכניסה את הכיף לעולם ההנדסה, וזה בדיוק מה שניב-יה ביקש."

באזניה הקהל שהתאסף בלב הטכניון הוא הסביר את מטרת התחרות: "להרחיק את הסטודנט מספרי הלימוד וממסך המחשב ולתת לו במה לביטוי יצירתי תוך התמודדות עם אתגר התחרות - בעיות הנדסיות מורכבות, באווירת כיף". נשיא הטכניון דאז, פרופסור זאב תדמור, אמר כי "בתחרות הזאת נכתב ספר ההנדסה של העתיד."

הסופרת תמר בורשטיין-לזר, שקראה על התחרות והתלהבה ממנה, הנציחה אותה בספרה "קופיקו בתחרות הביצקופטר", שיצא לאור בשנת 2001.

ניב-יה נרצח ב-8 במרץ 2003 בתל אביב, על ידי חייל שיכור שביקש לגנוב את רכבו הצבאי. מותו לא קטע את המסורת שייסד, ותחרויות הטכנוראש נערכות מאז לזכרו. חגיגות ה-80 לטכניון נפתחו בתחרות ה"בולהיט", ובשנים הבאות התקיימו במסגרת זאת ה"פסחולוגיה", ה"דגלנדר", ה"אינדיפנדולום",

תחרות ה"טכנוראש" נערכת בטכניון לזכרו של מי שהגה, יזם וקיים אותה עד מותו - ניב-יה דורבן ז"ל. התחרות והפרסים ממומנים על ידי ד"ר רוברט שילמן ("ד"ר בוב" בפי כל), שהשתלם בטכניון.

ניב-יה, בנם הצעיר של רחל ודוד ואח לליעד, נולד בשנת 1977. בילדותו ובנערותו הוא ניגן על חליל צד ועסק בתחומים רבים, ביניהם תעופה ורובוטיקה. עם סיום לימודיו התיכוניים התקבל ניב-יה, כעתודאי, לפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון. בשנות לימודיו הוא היה פעיל מאוד בפקולטה ובטכניון, ובין השאר כתב בעיתון הסטודנטים "קולי", שיחק בתיאטרון הטכניון, וצייר ציורים מקוריים על קירות הפקולטה. במקביל הוא עבד כגנן, כמורה פרטי לפיזיקה ולמתמטיקה, וכמדריך בכיר לטיסנאות, וטיפח תחביבים רבים, ביניהם צלילה, טיפוס צוקים, טייקוואנדו, צילום ועוד. לניב-יה היו חלומות רבים, ביניהם הקמת עיר בשם "נוגובו" בנגב, ובה קריית חינוך.

## האדם מחפש משמעות

ניב-יה לא הרבה לקרוא פרוזה, אך קרא והעמיק בנושאים רבים ומגוונים: אוטוביוגרפיות של ממצאיים, סיפורי עם, שחמט, גרפולוגיה ועוד. הספר שליווה אותו בימי האחרונים, ועמד במרכז שיחתו האחרונה עם אביו, הוא "האדם מחפש משמעות" של ויקטור פרנקל. אחרי מותו מצאו הוריו על שולחנו את ספר המעשיות של רבי לוי יצחק מברדיצ'ב.

עם סיום לימודיו לתואר ראשון (בהצטיינות) שובץ ניב-יה בלהק הציוד של חיל האוויר, והתמחה בפרויקט שבו הותאמו מערכות לחימה למסוקי קרב מדגם "אפאצ'י". בהמשך הוא החל ללמוד לתואר שני בפקולטה להנדסה ביו-רפואית בטכניון.

## ה"ביצקופטר"

בשנת 1997 הוציא ניב-יה לפועל את התחרות שהגה: ה"ביצקופטר". במסגרת זאת נדרשו המשתתפים לתכנן ולבנות מתקן שיאפשר להשליך ביצה מגובה 60 מטר לקרקע, בזמן מינימלי, מבלי שתישבר. ניב-יה ראה ברעיון האמור אתגר דומה לאתגר הנחתת רכב חלל על המאדים - סוגייה שהעסיקה את NASA באותם ימים.



בכל פעם שהיה צפוי מבחן הייתי מתקשר לאחד החברים שלי בערב שלפני, ומבקש ממנו לספר לי קצת על מה שצפוי.

"אייל, מגיל אפס, אהב לבנות בלגו ולפרק כל מכשיר ביתי שהוא נתקל בו," מספרת אמו, גילה. "אמא שלי היתה קוראת לו 'אנג'ינר קטן'. הכישרון שלו בתחום הטכני מזכיר לי את אבא שלי, שידע לתקן הכל וגם המציא כל מיני דברים ששיפרו את איכות החיים שלו ושל אמא. מבחינתי זאת מעין המשכיות של כישרון טכני ויצירתי."

אחרי התיכון התגייס אייל לצנחנים (גדוד 202), עבר קורס קצינים והשתחרר אחרי חמש שנים בצה"ל. לאחר מכן הוא יצא לטיול במזרח, אבל בחר במסלול לא שגרתי - הוא עלה ברוסיה על הרכבת הטרנס-סיבירית, וטייל במונגוליה במשך חודש. לאחר מכן טייל בסין, בלאוס ובניו-זילנד, ומשם המשיך לארה"ב, שם עבד ב"מובינג".

כשנתיים אחרי שיצא אייל לחו"ל הופתעו הוריו מן הבקשה ששלח להם בדואר האלקטרוני: להרום אותו למכינת הטכניון. "החלטתי ללכת למכינה גם כדי לשפר ציונים, אבל בעיקר כדי לרכוש הרגלי למידה טובים," הוא אומר.

החזרה ללימודים לא היתה קלה, אבל בסיום המכינה הוא קיבל תואר "שיפור ראוי לציון", המעיד על השיפור הכי גדול ברמה הלימודית בתקופת המכינה.

כיום, כסטודנט להנדסת מכונות, הוא מתגורר בדירה במעונות יחד עם עוד ארבעה סטודנטים, ואת שכר הדירה הוא מממן בעבודתו כאחראי בניין.

### איך הגעת לתחרות ה"טכנוראש"?

"תמיד התעניינתי במנועים, במכשירים כמו מזגנים ומקררים ובעניינים טכניים מכל סוג. בתחילה, כשראיתי פירסומים לתחרות, לא התייחסתי אליהם ברצינות. אבל לאט לאט התחלתי להשתעשע במחשבה באילו עקרונות פיזיקליים יש להשתמש כדי לבנות יו-יו כזה. דיברתי על כך עם כמה מחברי, אבל הם היססו ובסוף החליטו שלא להצטרף בטענה שעומס הלימודים כבד ואין להם זמן. אז החלטתי ללכת על זה לבדי.

המחשבות על היו-יו הדירו שינה מעיני. לא היה לי מושג אפילו מאין להתחיל, איזה חבל לקנות ומאיזה חומר לבנות את היו-יו.

### מפחיד?

לא מפחיד, מאתגר. אני חושב שהחלטתי להשתתף מתוך אהבה לאתגרים ומתוך אופי יזמי, שהתפתח בין השאר בצבא. הידיעה שיש משימה ואני 'הולך על זה' - זה משהו שמניע אותי באופן מאוד חיובי.

### אז איך מתחילים?

בהתחלה לא היה לי מושג, אז התחלתי להתייעץ עם אנשים, לקרוא באינטרנט, להבין את מנגנון הפעולה של היו-יו - איך הוא עובד, למה הוא חוזר למעלה, איזה כוחות פועלים עליו.

### אבל כאן זה לא יו-יו רגיל.

נכון, לכן התחלתי להתלבט בכל הסוגיות הרלוונטיות לתחרות הספציפית הזאת - קוטר היו-יו, החומר, החוט והמומן דברים אחרים.

כשהיו לי כמה רעיונות גולמיים הלכתי לחרט של הקיבוץ השכן, דברת. הוא אמר לי לחזור אליו למחרת, שישי בבוקר, עם תוכניות. כל הלילה תכנתי ושרטטתי, ובתהליך הזה עלו המון שאלות נוספות. אבל בבוקר, כשהגעתי לסדנה, החרט לא היה שם. התקשרתי אליו והוא אמר לי לבוא כעבור יומיים.

### לא התחלה טובה.

נכון, אבל באותו ערב, ערב שבת, ישבתי עם חברים שלי, ואחת מהם אמרה שאבא שלה הוא חרט בקיבוץ מסילות. זאת היתה תחילתה של ידידות מופלאה, ממש מופלאה, עם גדי נויברט (ראו מסגרת).

### איך בנוי היו-יו?

החלקים העיקריים הם שני מעגלי מתכת וציר. גדי חתך את המעגלים בעזרת מין מחוגות עם ברנר (להבדור), ובנה ציר מודולרי שמתפקד כמעין מסילה, שעליה ניתן לקבוע ולקבע את המרחק בין המעגלים באמצעות ברגים.

### איך התקדמה העבודה עם גדי?

במהלך השבוע אני לומד, אז נפגשנו בסופי השבוע, במסגריה ואצלו בבית. הוא בעצם יצר את חלקי היו-יו ופתר לי בעיות טכנולוגיות שקשורות לטכניקות הייצור, סודות ששמורים לחרטים

בשלב חצי הגמר הציגו המתמודדים את המתקנים שלהם בפני השופטים. "היה לנו חשוב שלא יהיו בתחרות עצמה כשלונות גמורים שיביכו את המתמודדים. לכן, וגם בשל אילוצי הזמן בתחרות עצמה, איפשרנו רק למחצית מהצוותים להשתתף בה. זה קרע לי את הלב, אבל ידעתי שאין ברירה."

### 14 קבוצות

בבוקר התחרות הוצב בלב הקמפוס מנוף, וכל יו-יו שוחרר בתורו ממרומי המנוף, מתוך תא בעל רצפה הנפתחת באמצעות מנעול אלקטרו-מגנטי. על 14 הקבוצות המתמודדות נאסר להשתמש במקור אנרגיה חיצוני, וכן נאסר לשחרר מטען (למעט מים) מן היו-יו בזמן פעולתו. הניקוד בתחרות נקבע על פי כמה קריטריונים, ביניהם גובה הניתור הראשון, ומספר הניתורים שגובהם עולה על חמישה מטרים. גבהים אלה חושבו על ידי מערכת שפותחה במעבדה לגרפיקה ממוחשבת בפקולטה להנדסת חשמל.

המארגנים, שחששו מתרחיש של קריעת החבל והשתוללות של היו-יו על הקרקע, פנו מבעוד מועד לפרופסור גיל יוסילבסקי מהפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל. פרופסור יוסילבסקי ערך חישוב



ניצולת אנרגיה של 90%. אייל כהן על הפודיום

של תנועת היו-יו במקרה של תאונה כזו, ועל בסיס חישוב זה הוצבו מזרנים על הרצפה ומוקמה גדר הבטיחות. יורם בלומנפלד, בודק מוסמך העובד בחברת החשמל, תרם שעות רבות מזמנו, בהתנדבות מלאה, לטיפול בהיבטים הבטיחותיים בתחרות.

### 18 מטר

היו-יו "טלבוץ 2000" צבר 117 נקודות וזיכה את אייל כהן בפרס הראשון, בסך 10,000 ש"ח. הוא עלה בניתור הראשון ל-18 מ', ולאחר מכן טיפס שבע פעמים נוספות לגובה העולה על חמישה מטרים - נתונים טובים בהרבה מאלו שהשיגו הזוכים במקומות הבאים.

אייל נולד בנצרת עילית וגדל ביישוב הקהילתי אחוזת ברק שבצמק יזרעאל. ביפעת, בית הספר התיכון האזורי, הוא לא השקיע בלימודים. "הייתי בעיקר עם החברה, ועשיתי בגרות אבל לא משהו.

ארוכה, שהייתה מלווה בהמון ניסויים. הדרך לפיתרון שילבה המון מדע. מצד אחד, רציית להגדיל ככל האפשר את התנע הזוויתי ( $J = r \times mv$ ), שנמצא ביחס ישר למסת היו-יו. כי ככל שנגדיל את מסת היו-יו על ההיקף, כך יגדל התנע הזוויתי.

**אז כדאי מאוד להגדיל ככל האפשר את המסה הזאת.**

אבל רק לכאורה, כי להגדלת המסה יש גם מחיר: הגדלת התנע הקווי  $(P=mv)$ .

**איזה מחיר?**

אם נתעלם מהתנועה הסיבובית של היו-יו ונתייחס רק לתנועה האנכית ולתנע הקווי, הרי שבנקודת ההיפוך (הנקודה הנמוכה במסלול היו-יו) מתרחשת מעין "התנגשות שאינה אלסטית לחלוטין" - ומאחר שחוק שימור התנע חל גם על היו-יו, הרי שברגע החלפת הכיוון (מירידה לעלייה) היו-יו מאבד חלק מהאנרגיה. ככל שהמסה גדולה יותר התנע הקווי גדול יותר, ה"התנגשות" אלימה יותר וכך גם יותר אנרגיה אובדת.

**אז איך מוצאים את המסה האופטימלית?**

לאחר חשיבה מעמיקה התחלנו במסכת ניסויים נוספת, שהם מבחינתי הסוד השמור שהוביל לניצחון. הוספנו ארבע משקולות עגולות, שהגדילו את מסת היו-יו ל-10 ק"ג (המסה המקסימלית בהגדרות התחרות). גדי קיבע את המשקולות בהיקף היו-יו באמצעות ברגים מיוחדים, כך שיכולתי להוסיף ולהוריד משקל לפי הצורך, שחררנו את היו-יו והופתענו לגלות שהוא הגיע לאותו גובה שהגיע אליו כששקל 5 ק"ג.

**אז אולי אין משמעות למשקל היו-יו?**

הבנתי שזו לא יכולה להיות המסקנה, כי אם נקצין את זה, נקבל יו-יו ששוקל טונה ועולה לאותו גובה, וזה לא הגיוני. התלכטתי סביב הסוגייה רבות, עד שהגעתי למסקנה שהיחס בין משקל היו-יו לבין הניתור הראשון שלו בעצם מציית לפונקציה שהיא "פרבולה בוכה". ואם זו פרבולה, והערך שלה (גובה ההתרוממות) הוא אותו ערך ביו-יו של 5 ק"ג וביו-יו של 10 ק"ג, הרי שנקודת השיא שלה נמצאת באזור ה-7.5 ק"ג.

**והלכתם על זה?**

כן. גדי חתך את המשקולות, וביצענו ניסוי נוסף. התחזית התממשה, והיו-יו, שמשקלו היה עכשיו 7.5 ק"ג, עלה לגובה המקסימלי. חשוב לציין

המומחים ביותר.

אחרי שיצרנו את המכשיר הבסיסי התחלנו במסכת ניסויים. את כל שלבי הניסוי והבדיקות תיעדתי במחברת. שחררנו את היו-יו מגג ביתו שבקיבוץ. בחנו את השפעת המרחק בין הצלחות על גובה החזרה של היו-יו וגילינו, לאחר עשרות ניסויים, שככל שהמרחק הזה קטן, הביצועים משתפרים.

**גם בעניין החוט היו התלכטויות?**

זה היה מחקר לא פשוט, ואני הייתי מאוד תמים - בהתחלה קניתי חוט בעובי מילימטר, שממש לא התאים למשימה, שהרי בזמן ה"התנגשות" בנקודה הנמוכה ביותר, המתיחות בחוט עולה לכמה עשרות קילוגרמים, אם לא יותר מזה, ולכן החוט שלי נקרע. בסופו של דבר, לאחר בדיקה של חוטים שונים, השתמשתי בחוט של 4 מ"מ שיכול לשאת 370 ק"ג. היה לי חשוב שלחוט תהיה אלסטיות אופטימלית לביצוע המשימה. חוט אלסטי מדי "מקפיץ" את היו-יו בבת אחת באוויר, ואז הוא מסתובב במשך זמן מה בלי ללפף את החוט סביב עצמו - וזה בזבז אנרגיה. בתחרות אפשר היה לראות את התופעה הזאת בקרב כמה מתחרים - היו-יו מגיע לתחתית, קופץ באוויר ומסתובב במשך כמה רגעים "על ריק".

גם הליפוף הראשוני היא סוגייה לא טריוויאלית בכלל. מספרי המפעל של קיבוץ מסילות קיבלתי את הנוסחה לליפוף כבלים על תוף, וערכנו ניסויים בליפוף החוט. תהיתי מהי המתיחות האופטימלית שיש לקבוע בעת הליפוף הראשוני של החוט, וגיליתי שהליפוף הטבעי הוא הכי אפקטיבי. ב"ליפוף טבעי" אני מתכוון שאני עוזב את היו-יו, וכשהוא עולה חזרה לשיא הגובה אני עוצר אותו. ליפוף לא טבעי הוא גלגול ידני של החוט. לכן, ממש לפני התחרות, רצתי לגשר של הנדסת מכונות ושחררתי את היו-יו כך שלפחות רוב הליפוף ייעשה באופן טבעי.

**היו רעיונות שנזנחו בדרך?**

בהחלט. בשלב מסוים חשבתי על מנגנונים שיעצימו את היו-יו, למשל קפיצים שנטענים בירידה, אבל הבנתי שזה רק יסבך ויוביל לאובדן אנרגיה. לקראת הסוף בנינו מנגנון שמאפשר להוסיף ליו-יו מטען-מים, ולשחרר אותו בסוף הירידה, כפי שעשו כמה מהמתחרים. בניסויים שעשיתי עם המנגנון הזה היו-יו חזר לגובה המקורי (100%), אבל קרה גם שזה לא עבד, ומכיוון שלא רצייתי לקחת סיכון בתחרות זנחתי את הרעיון.

**הגודל של היו-יו הפתיע את כל הצופים בתחרות.**

כן, זה היה יו-יו קטן במיוחד, ולא כבד. גם בעניין הזה היתה לי התלכטות



לפעמים היא מסבסבת את צנארה מול קהל, עושה תרגילים וכולם מתפעלים: הורים מרכיבים ילדים על כתפיהם, פעוטות צוחקים ומוחאים כפיהם.

זהו ספור לא ארוך, (אפילו קצר) על ג'ירף וג'ירפה ארכי צנאר. הג'ירפה תמיד שמחה, מכריזה בחיך בישני: "אין מקום יותר נמלא מנגן תיזת עירורני"

כאשר היא רעבה נותנים לה בנן לתם עם אבוקדו, כי זה המענן שהג'ירפה הכי אוהבת.

**ה ב י ה**

בחודש שעבר ראה אור ספרו של ניב-יה ז"ל, "ג'נסיס רוצה הביתה". הספר נכתב בשנת 1996 כחיבור נלווה למתנה (בובת ג'ירף) שהעניק ניב-יה לחברתו דאז, אך כתב היד נשכח והתגלה על ידי הוריו באחרונה. "גיליתי טקסט שהוא אוצר לילדים", מספרת רחל דורבן, "וההוצאה הראשונה שענתה בהתלהבות וברצון (הוצאת 'רימונים') קיבלה את זכויות ההדפסה. ערכתי את הספר, אבל השתדלתי להישאר נאמנה לסגנונו ולתוכנו של כתב היד המקורי, ובעיקר לשמר את רעננות הכתיבה, את ההומור ואת נקודת המבט של ניב-יה. האיורים הנפלאים בספר הם של רחל סטולרו". "ג'נסיס רוצה הביתה" עוסק בג'ירף שאינו מרוצה מחייו בגן החיות, ומשתוקק לחיים פשוטים בחיק הטבע. "ניב-יה חי במשטר חיים עמוס", אומרת רחל. "זימנים לאחר בחינות הבגרות הוא התגייס ויצא לטירונות מפרכת, שממנה חזר יומיים לפני תחילת לימודיו בטכניון. כאן הוא נחשף בבת אחת למערכת לימוד נוקשה ומחייבת. יתכן שתחושתו שהוא שבו במסגרת כובלת הניעה אותו לכתוב הספר, שבו הוא בורא עולם מקביל שחוקי המציאות אינם פועלים בו. הספר מציג בעצם מסע פנימי של כיסופים ומשאלת לב לשוב אל גן העדן של הילדות, למקום פשוט ואחר".

עשיתי מעולם. אייל הביא את הרעיון הכללי ואת חוקי התחרות. בעוונותי למדתי בעבר שרטוט, אז שרטטתי את היו-יו, בחרתי את החומרים והתחלתי לבנות את היו-יו.

**תוכל לפרט?**

היו-יו מורכב משתי צלחות נפרדות, שיושבות על ציר, עם אפשרות לשנות את המרחק ביניהן - כדי שיהיה אפשר לערוך נסיונות ולהגיע למרווח האופטימלי. מרווח קטן מדי ילחץ על החוט, ומרווח גדול יגרום ליו-יו להסתחרר בציר האופקי ולאבד המון אנרגיה.

במהלך ההכנות שינינו גם את משקל היו-יו, וקרה גם שהחוט נקרע. ניסינו הרבה משקלים וחוטנים, ובסופו של דבר חזרנו לחוט הראשון שאייל הביא. ברור לי שיוכלנו להמשיך ולשפר לקראת התחרות - למשל לחרוט ו"לנקות" את הריתוכים ולצמצם את הדפורמציה שהריתוך גורם. אבל אין לזה סוף, ובשלב מסוים הבנו שהיו-יו מצוין, גם אם הוא לא מושלם.

**איך היה שיתוף הפעולה עם אייל?**

נהדר. זאת היתה חוויה יוצאת מן הכלל. אייל הוא בחור חכם ונעים הליכות, והרגשתי ממש כאילו הוא ילד שלי. אמרתי לו כבר בהתחלה: אתה תקבל ממני כל מה שאתה צריך. אני פנסינור, שכר לא משלמים לי, אז אני לא חייב שום דבר לאף אחד. אני לרשותך.

**חשבת שיש לכם סיכוי?**

אייל היה אופטימי מהרגע הראשון, ובסוף התהליך היה לו ברור שהוא עומד לנצח.

**באת לתחרות?**

לא. אייל הזמין אותי אבל אני אמרתי לו: את כל מה שיכולתי לעשות כבר עשיתי, למה לי לכלכל לך את המוח?

גדי נויברט נולד בקיבוץ מסילות - "זכאן גם אמות", הוא אומר וצוחק בראיון הטלפוני. נויברט, בן 71, מילא תפקידים רבים בקיבוצו ובמועצה האזורית, אבל המסגריה של מסילות היא אחת התחנות החשובות בחייו.

"בגיל 19 התגייסתי ליחידה מובחרת, אבל כעבור שנה נפצעתי קשה, פגיעת ראש. חזרתי לקיבוץ, ומה עושים צעירים בקיבוץ? עובדים בחקלאות. אבל לגדי נויברט הצעיר אסור לעבוד בחקלאות, אמרו לי. אתה חייב לעבוד תחת קורת גג. וכך נזרקתי, בגיל 20, למסגריה."

במסגריית הקיבוץ עמדה מחרטה נטושה. באחד הימים פנה מרכז המסגריה לגדי ושאל אותו אם יש לו עניין לעבוד במחרטה. "אמרתי לעצמי שזה יכול להיות מעניין. מכיוון שאני אוטודידקט, התחלתי ללמוד את זה מתוך ספרים. ככה, במסגריה ועל המחרטה, עברו 26 שנה, ובמקביל התגייסתי למילואים ועשיתי קורס קצינים וקורס מ"פ. בהמשך נבחרתי לתפקיד מזכיר הקיבוץ, ואחר כך עשיתי תפקידים נוספים. בין השאר הייתי מורה לחינוך גופני, רכז הספורט במועצה האזורית (עמק המעיינות, לשעבר בית שאן) וקב"ט המועצה." לפני כמה שנים יצא גדי לפנסיה וחזר למסגריה. "שיפצנו את הציוד וקינינו מכונות חדשות, ומאז אני כאן, שמונה שעות ביום, בהתנדבות."

**אז מה אתה עושה שם?**

בעיקר עבודה בשביל מפעל הכבלים של הקיבוץ - אני אחראי לכל עבודת האחזקה במפעל, ומכין גם אביזרים לטובת הייצור.

**איך היתה העבודה על היו-יו?**

מצד אחד זאת עבודה ככל העבודות - תכנון, חיתוך, חריטה, כירסום. מצד שני זה באמת משהו שלא

# גדי

שהמשקולות חוברו קרוב להיקף היו-יו, במטרה להגדיל את התנע הזוויתי.

**זה עניין של מזל או שכל?**

יש כאן בהחלט אלמנט של מזל - מכיוון שהתחלנו מיו-יו קל יחסית, יכולנו להוסיף לו משקל ולבדוק איך הוא מתנהג, ובסופו של דבר לאתר את נקודת הקיצון של הפרבולה. לא היינו יכולים לעשות את זה אילו בנינו מלכתחילה, כמו הרבה מתחרים אחרים, יו-יו כבד. אני מאמין שהמתחרים שלי היו יכולים לשפר את ביצועי המתקנים שלהם אילו העמיסו עליהם משקל נוסף - אבל אז הם היו חורגים מדרישות התחרות.

**יש לך עוד סודות?**

אין לי סודות בכלל. אני בטוח שהעבודה המדויקת של גדי - הקפדה על סימטריה ועל חיתוך מדויק - תרמה הרבה להצלחה. הטולרנסים (אי-דיוקים) היו קטנים מאוד, כמעט זניחים. כשבאתי לתחרות כבר הייתי בטוח שליו-יו שלי, "טלבלץ 2000", יש סיכוי טוב לזכות.

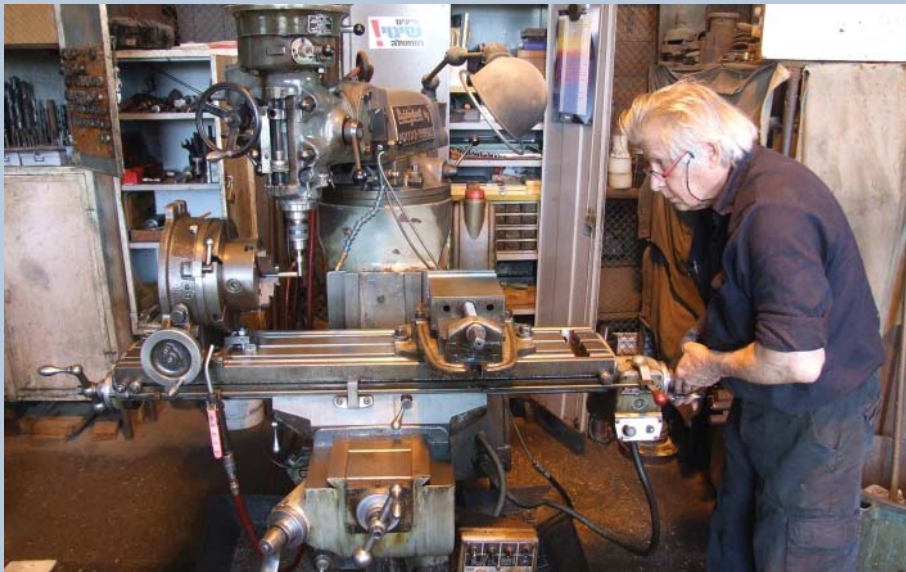
**ומאין השם הזה?**

הוא מורכב מ"טלטל" שזהו שם החיבה של חברתי - ראוי לציין שהיא האחראית להדפסים המקסימים על היו-יו - ו"ביצבץ", שזה אחד הכינויים שלי.

**אז איך אתה מסכם הכל?**

ההרגשה מצוינת. בנינו מכשיר עם ניצולת אנרגיה של 90%, שזה הישג מדהים. היה כאן אתגר מורכב מאוד, ויחד עם גדי, והמון שעות עבודה של שנינו, הצלחתי לעמוד בו.

▲ "אייל היה אופטימי מהרגע הראשון." גדי נויברט בסדנה בקיבוץ מסילות



ואז,  
מנהל גן החיות  
נותן הוראה מיוחדת:  
להוסיף לפרוסה עם האבוקדו הרך  
גם קצת מיונז-ג'ירמים משבחה.  
"אבל רק קצת", הוא מעיר  
במרוצוף זעוף:  
"כדי שלא תהפך להיפופוטמה,  
שעברה מתיחת גוף."

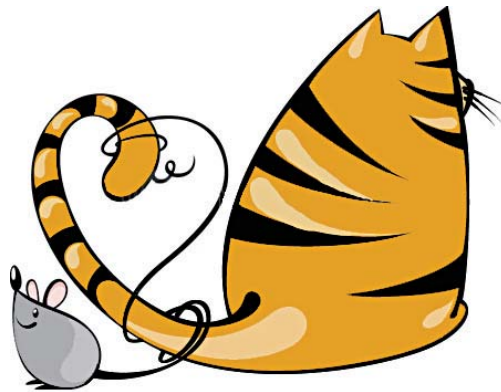
# חוקי המשיכה משתנים

על מעלליו של הטוקסו-משהו  
במוחותיהם של עכברים,  
חתולים ואנשים



"כתבת על מחקר שהראה שהטפילים גורמים לעכברים ממש להתאהב בחתול", אמרה אשתי בדריכות, כשהיא עוקבת בעיניה אחר הכף.

"אהבה היא הגדרה פשוטית מדי", שוב הנחתי את הכף. "מחקר מהחודשים האחרונים הראה שהטפיל גורם למעגלים מסוימים במוח של העכבר להידלק כשהוא מריח שתן של חתולים, והמעגלים האלו קשורים לעוררות מינית. אז זאת לא בדיוק אהבה. העכברים



פשוט נמשכים מינית לחתולים."

ניסיתי להרים את הכף לפי אבל אשתי הושיטה יד ובלמה אותי. "רגע", היא אמרה. "הטפיל הזה גורם לאנשים ממש להימשך מינית לחתולים? לא סתם לאהוב אותם?"

"לא, לא. אצל בני אדם זה סיפור אחר. המוח שלנו פועל אחרת, ולא סביר שהטפילים יכולים להפעיל בו את אותם מעגלים של הימשכות מינית שפועלים אצל העכברים", הבהרתי. חשתי כיצד היא מרפה את אחיזתה מזרועי. "אבל אצל בני-אדם יש לו השפעות אחרות. יש מחקרים שמראים שאנשים שנגועים בטפיל נוטים להיות אגרסיביים ופזיזים יותר, עד כדי כך שסיכוייהם להיות מעורבים בתאונות דרכים גדולים פי 2.5 מסיכוייהם של אנשים בריאים."

עיניה נעו במהירות מצד לצד והיא נשכה את שפתה התחתונה. מבטה גלש לחתולתנו הנוכחית, ששכבה בפניה בתנוחת מרלין מונרו.

"אני רוצה לוודא שהבנתי", אמרה בהיסוס. "אז הטפיל לא יגרום לך, למשל, לאהוב חתולים. בסדר. אחיה עם זה. אבל אתה בטוח לגמרי שהוא לא גורם לאנשים להימשך מינית לחתולים?"

הנהנתי.

"טוב", היא אמרה. "אז תמשיך לאכול."

"יקירתי, אני בבית!" קראתי וסגרתי את דלת הכניסה מאחורי. הרמתי את פני לאוויר ורחרחתי. ארומה מפתיעה עלתה מהמטבח. פסעתי למטבח ומצאתי את הגברת עומדת ובוחשת את תכולת הסיר.

"הכנת נזיד?" שאלתי בהפתעה.

"כן, במיוחד בשבילך", חיכה חיוך עקמומי. "בוא, שב. תן לי למזוג לך." לא כל יום אני זוכה ליחס אמהי כל כך מצדה של אשתי, ולכן נעניתי בשמחה בלי לחשוך בדברי. השולחן כבר היה ערוך, והיא הניחה מולי קערה גדושה בניזד והתיישבה לצדי.

"פטריות", ניחשתי והרמתי את הכף כדי להריח מקרוב. ריח חזק, כהה, מפתה. "לא בדיוק", היא אמרה. "אה, ורציתי לדבר אתך על משהו. אני רוצה להביא עוד חתולה הביתה."

החזרתי את הכף לקערה. "יש לנו כבר חתולה אחת. ואת יודעת שאני גם ככה לא אוהב חתולים. שורטים, נושכים וכל זה. ויש להם גם טפילים בצואה. בדיוק דיברתי על זה בקורס שלי בטכניון."

"כן, אני יודעת, קראתי את הפתקים שכתבת לקראת ההרצאה." היא היססה לרגע. "איך קראת להם? טוקסו-משהו?"

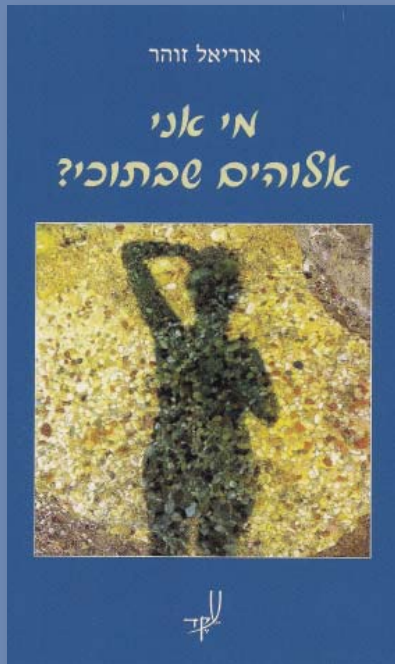
"טוקסופלסמה. אלה טפילים קטנים - לא הרבה יותר גדולים מחיידקים - שחיים ומתרבים בתוך החתול, והביצים שלהם מגיעות לצואה שלו. הם כל-כך קטנים שאי-אפשר לראות אותם בעין, אבל אנחנו יודעים מתצפיות במיקרוסקופ שחתולים רבים נגועים בהם. כדי להידיבק מספיק שתגעי בצואה בזמן שאת מנקה את ארגז החול, ואחרי זה תגעי באוכל שאת אוכלת. ביצי הטפיל ייכנסו לך לגוף ויבקעו בתוכו."

"כן, אני זוכרת. ואם אשה בהיריון נדבקת בטפיל, הוא יכול לגרום נזקים קשים לעובר. אבל אני זוכרת שכתבת שיש לו גם השפעות על המוח של בעלי-חיים."

היא עצרה, ועיניה פזלו לרגע לקערה שמולי. "תאכל, תאכל", היא שידלה אותי. "כן", אמרתי והרמתי את הכף לפי. "הטפיל הזה מהגר למוח של המארח שלו וגדל בתוכו. הוא עושה את זה במיוחד אצל עכברים וחולדות, אבל גם בבני-אדם. אנחנו יודעים גם שאצל חולדות ועכברים הוא משבש את המנגנונים שגורמים להם לפחד מפני ריח של חתולים. ככה הוא מצליח להתרבות - כי לחתולים יותר קל לטרוף עכברים שלא מפחדים מהם. הטפיל מגיע לתוך גופו של החתול, ובתוכו הוא מסוגל להתרבות ולהטיל ביצים שיוצאות בצואה."

# אלוהים ואני

ספרו החדש של פרופסור אוריאל זוהר, "מי אני אלוהים שבתוכי?", ראה אור בהוצאת "עקד". פרופסור זוהר הוא המנהל והבמאי של תיאטרון הטכניון, הפועל במסגרת המחלקה ללימודים הומניסטיים ואמנויות.



## הדגים מחלקים לי חנם (למרטין)

הדגים מחלקים לי חנם דגים ולמצילים  
הדגים מחלקים דגים חנם לי  
לתתולים ולעורכים  
וגם אריות אוכלים נבלות

איך זה שאלהים הכל יכול  
החדיר חיים בנבלות המתות?

איך זה אלהים הכל יכול מעניק  
אנרגיית חיים בכשר המתים  
ואיך אני אוריאל יכול לקום לתחייתי  
המחֵדֶשֶׁת למרות שמרטין לא כאן עוד

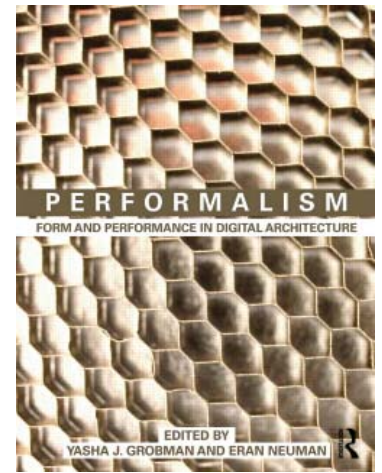
הדגים מחלקים דגים לעורכים  
ולתתולים, האריות אוכלים נבלות

ואיך אני אוכל להוציא חיים  
מהמות של מרטין?

חנם מהדג הגדול אלהים.

# אדריכלות

בעידן הדיגיטלי



באחרונה ראה אור, בהוצאת ROUTLEDGE, ספר חדש בעריכת ד"ר יאשה גרובמן מהטכניון וד"ר ערן ניומן מאוניברסיטת תל אביב. "הספר, Performatism - Form and Performance in Digital Architecture, עוסק בשינויים ביחס בין הצורה האדריכלית לפונקציה שאותה היא מקיימת לנוכח ההתפתחויות בתחום המדיה הדיגיטלית והיכולת להמשיג, לבטא ולייצר צורות אדריכליות בעלת גאומטריה מורכבת באמצעים דיגיטליים, "מסבירים השניים. "המחשב משחרר את המחשב מעריצות הזוית הישרה וסולל דרך לתכן וייצור של בניינים לא סטנדרטיים, ועם זאת פותח סוגיות רבות הנוגעות לביטוי ומשמעות ולתפיסת הצורה באדריכלות בנושאים אלה אנו דנים בספר החדש."

# ספרים

## בין השיר לבדיחה



זקן שואל את חברו אם הוא זוכר איך הם רדפו אחרי בחורות. "כן", משיב החבר, "אבל אני לא זוכר למה!" מה מצחיק בבדיחה הזאת? ומה מצחיק בבדיחות בכלל? בספרו "האדם מנתק משמעות" (הוצאת הקיבוץ המאוחד) מנסה פרופסור רון אהרוני מהפקולטה למתמטיקה להשיב על השאלה הקלאסית הזאת. יותר מכך - הוא מחבר אותה עם שאלה ידועה לא פחות: מהו שיר? "בשיר ובבדיחה פועל אותו מנגנון בסיסי מנגנון שאני קורא לו "ניתוק משמעות" - משמעות של מילה או של פעולה. למשל, בבדיחה שלעיל מנותקת פעולת הרדיפה אחרי בחורות ממשמעותה - הדחף שגורם לה.

המנגנון המשותף הזה יוצר את קווי הדמיון המוכרים בין השיר והבדיחה: החיבה לקיצור, למשחקי מילים ולצירופים מפתיעים. בספר הזה אני מראה כיצד פועלים השיר והבדיחה על שומעיהם - מה מצחיק בבדיחה ומה מפעים בשיר."

## פרסים בהנדסה כימית

ב 2 ביוני התקיים בפקולטה להנדסה כימית טקס הענקת פרסים לסטודנטים לתואר ראשון ולמשתלמים. פרס ע"ש לימור דגן ז"ל הוענק לשלומית הרפז. פרס ע"ש ישראל קנר ז"ל, מאת "בייטמן הנדסה בע"מ", הוענק לקרן דלמר. פרס ע"ש ד"ר שמחה אברהמי ז"ל הוענק לאלון דנה ורויטל מוסקל. פרס ע"ש המהנדס סידי גולדשטיין ז"ל הוענק לנטע בן פורת, איתמר ברבדה, היבא גולאני, איליה ויסוצקי, ספיר זינגובים, נטלי חזן, עדי מרצר וחני נוישטטר. פרס משה נרקיס הוענק לאביגיל לנדמן.

### הפרס ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל

במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים הוענקו פרסים למורות מצטיינות בכימיה, ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל. נעמה לימדה כימיה והלהיבה דורות של תלמידים, ביניהם פרופסור אהרן צ'נובר, חתן פרס נובל בכימיה (2004).

הפרס נוסד על ידי בעלה של נעמה, מר גדי גרינשפון, וילדיה. להלן שמות הזוכות ונימוקי הפרס.

**גב' דניאלה ליבמן** - על היותה מורה מצטיינת לכימיה, שהשרתה את אהבת המקצוע על תלמידיה. ליבמן היתה מראשוני המורים שהתחילו ללמד במעבדת החקר, במסגרתה הנחתה ועודדה את תלמידיה לערוך מחקר-זוטא - רמת החקר הגבוהה ביותר בחמש יחידות לימוד בכימיה.

**גב' סוהיר סח'ניני** - על היותה מורה מצטיינת לכימיה, שהתמחתה במסגרת לימודיה לתואר שני בנושא הוראת ננו-טכנולוגיה. היא הפכה תחום זה לנחלת המורים על-ידי כתיבה בעלון והעברת השתלמויות, והוכיחה כי הודות לחדשנותה היא שינתה באופן חיובי את עמדות תלמידיה כלפי מקצוע הכימיה.

**ד"ר עביר עאבד** - על היותה מורה מצטיינת לכימיה. כחלק מלימודי הדוקטורט בטכניון, בהנחייתה של פרופסור יהודית דורי, היא עשתה עבודה חלוצית במגזר הערבי - בתרגום לערבית של חומרי לימוד לרמה של שלוש יחידות לימוד ובפיתוח מודל ייחודי להוראה ולמידה בסביבה דו-לשונית. בגישת הוראה זו היא משלבת מעבר הדרגתי מהוראה ולמידה בערבית להוראה ולמידה בעברית. היא מהווה מודל לחיקוי למורים ולפרחי הוראה במגזר הערבי ברצינותה, ביצירתיות שלה, ביחס החם שהיא יוצרת עם עמיתיה, באופן בו היא מקדמת שיתוף פעולה בין תלמידים ובין מורים, ובחתימתה למצוינות שלה ושל תלמידיה.

**ד"ר צביה קברמן** - על היותה מורה מצטיינת לכימיה, אשר קידמה את הוראת הכימיה הן בבית ספרה והן בהכשרת פרחי-הוראה בטכניון. חלק מתלמידיה לומדים כיום בטכניון. על היותה שותפה בפיתוח יחידות הלימוד "מעבדה ממוחשבת" ו"טעם של כימיה", הנלמדות כיום בכל הארץ. כושר הניתוח והראייה האנליטית שלה קידמו את פיתוח מיומנויות החשיבה הגבוהות של תלמידים במסגרת המעבדה. על היותה חוקרת מבריקה בתחום הוראת הכימיה. ממצאי המחקר שערכה לקראת קבלת הדוקטורט בטכניון, בהנחייתה של פרופסור יהודית דורי, שהתמקד במטה-קוגניציה ורמות הבנה בכימיה, מיושמים כיום במסגרת תכנית-הלימודים החדשה בהיקף ארצי, הן בחמש יחידות לימוד והן בשלוש יחידות.

### פרס ויצמן למדעים מדויקים

פרופסור יונינה אלדר מהפקולטה להנדסת חשמל זכתה בפרס ויצמן למדעים מדויקים, על תרומתה לייעול שיטות דיגימה בתחום תורת האינפורמציה. הפרס, בסך 18,000 ש"ח, מוענק על ידי עיריית תל-אביב לזכרו של הנשיא הראשון, חיים ויצמן.



## תחרות פרויקט מצטיין בהנדסת חשמל, ופרסים ע"ש יהורז כשר ז"ל

### ציונים לשבח (פרסים מטעם "חבר IDU"):

**בארי שרייבר, אלון יעביץ** - מערכת דחיסה ומודולרית. המעבדה למערכות ספרתיות מהירות. מנחה: משה פוריאן. אחראי אקדמי: פרופסור יצחק בירק. מהנדס המעבדה: מרדכי אורבך.

**נועם מאיר, ירון הלה** - פיתוח אב טיפוס ובקרה לכלי טייס ללא טייס מבוסס ארבעה להבים. המעבדה לבקרה, רובוטיקה ומערכות לומדות. מנחה: קובי כוחיי. אחראי אקדמי: פרופסור שי מנור; מהנדס מעבדה: קובי כוחיי.

**איתמר פרידמן** - זיהוי פנים באמצעות דמיון מאפיינים. המעבדה לגרפיקה ממוחשבת ומולטימדיה. מנחה: ד"ר ליהי צלניק-מנור. אחראי אקדמי: פרופסור איילת טל; מהנדס מעבדה: חובב גזית.

**תימור גלעד, עמית לסרי** - אנטנה ספירלית למערכת איכון לוויינית. המעבדה לתקשורת. מנחה: יעקב רמז. אחראי אקדמי: פרופסור משה נצרתי. מהנדס מעבדה: משה נמר.

**קרקובסקי, ידידיה היאמס** - סגמנטציה מרקמים בתמונות על פי עקמומיות. המעבדה לראייה ומדעי התמונה. מנחים: ד"ר חן שגיב, אלי אפלבוים. אחראי אקדמי: פרופסור יואב שכנר. מהנדס מעבדה: יוחנן ארז.

**ענבר סרוסי, דני וויקרון** - סגמנטציה ועקיבה אחר תאים בתנועה. המעבדה לחקר רשתות ביולוגיות. מנחה: ד"ר כנרת קרן. אחראי אקדמי: פרופסור רון מאיר. מהנדסת המעבדה: יעל אבוחצירה.

**איליה גולוב** - תכנון שבב אוניברסלי לבדיקות חשמליות של תהליך ייצור מיקרו שבבים. המעבדה למיקרו וננו אלקטרוניקה. מנחה: עמית זיידלר. אחראי אקדמי: פרופסור ניר טסלר; מהנדס המעבדה: יעקוב שניידר.

**אולג ליטמנוביץ, אנטון בישבסקי** - זיכרון טרנזאקציות בתוכנה בסביבת JAVA. המעבדה למערכות תוכנה מרושתות. מנחה: זימטרי פרלמן. אחראי אקדמי: פרופסור עידית קיודר. מהנדסת המעבדה: ד"ר אילנה דוד.

ב-21 ביוני התקיים טקס הענקת פרסים לפרויקטים מצטיינים בפקולטה להנדסת חשמל. במסגרת התחרות חולקו שלושה פרסים ראשונים ע"ש יהורז כשר ז"ל, שהיה סטודנט מצטיין בפקולטה.



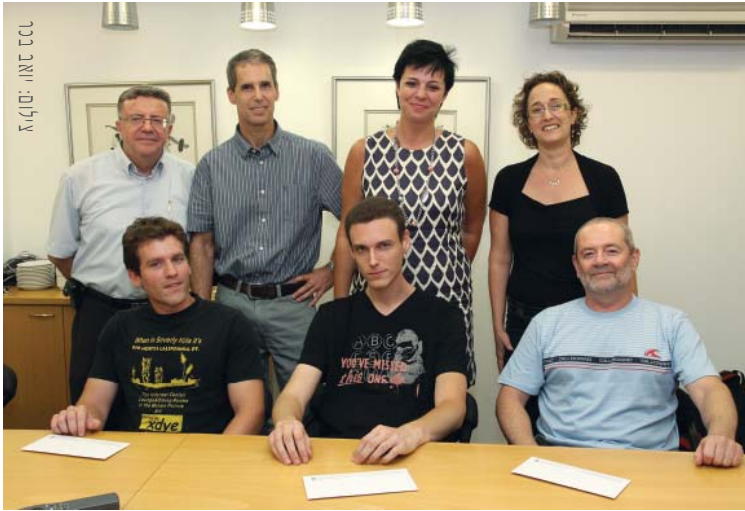
**פרס ראשון:** ויאצ'סלב (סלביק) לימן, דמיטרי בלואוסוב - ניתוח של מעגלים מבוססים Memristor. המעבדה ל-VLSI. מנחה: שחר קוטינסקי. אחראי אקדמי: פרופסור רן גינוסר; מהנדס המעבדה: גואל סמואל.



**פרס שני:** דבורה כהן, דני וייצחוב - מימוש מצלמה תלת ממדית ליחידות ניידות. המעבדה לעיבוד אותות ותמונות. מנחה: רג'א ג'רייס. אחראי אקדמי: פרופסור דוד מלאך; מהנדס מעבדה: נמרוד פלג.



**פרס שלישי:** סאהר עודה, זאהי מוואסי - פיתוח אלגוריתם למיזוג ומיון מקבילי יעיל של מערכים ממוינים. המעבדה למערכות מקביליות. מנחה: עודד גרין. אחראי אקדמי: פרופסור יצחק בירק; מהנדס מעבדה: עוז שמואלי.



שלושת הזכאים (יושבים, מימין לשמאל): נועם ברקוביץ, פיליפ אוחמן ודורון לאור. עומדים (מימין לשמאל): טל גולדרט, ד"ר אביטל שטיין, איציק רומנו ובני כהן, ראש המחלקה לייעול הצריכה בחברת החשמל

## אור ירוק לחיסכון באנרגיה

דינמו ירוק, צג אנרגטי ומכון כושר - אלה שלוש ההצעות הזוכות בתחרות טכניונית ראשונה מסוגה בנושא התייעלות אנרגטית. דינמו ירוק - הצעתו של הסטודנט פיליפ אוחמן, מהפקולטה להנדסת מכונות - זכתה במקום הראשון. אוחמן הציע לנצל את עודפי הלחץ בצינורות המים בטכניון. "על ידי מתקן פשוט, מעין טוריבינה החודרת לצינור ומסובבת דינמו, ניתן לייצר אנרגיה. בגלל המדרון התלול עליו שוכן הטכניון, נעשה כיום שימוש נרחב במפחית לחץ, ולדעתי ניתן לנצל לחץ זה להפקת אנרגיה."

נועם ברקוביץ, מאגף מיחשוב ומערכות מידע בטכניון, זכה במקום השני. הוא הציע לפזר ברחבי הקמפוס "צגים אנרגטיים" המציגים מידע על צריכת האנרגיה בכל בנין ובנין, ומעבירים את המידע לצגים גדולים אשר יראו את הצריכה בזמן אמת ואף יתריעו על צריכת יתר.

דורון לאור, סטודנט בפקולטה להנדסת מכונות, זכה במקום השלישי. הוא הציע להפיק חשמל מן האנרגיה שמשקיעים המשתמשים בחדר הכושר בטכניון.

13 הצעות הוגשו לתחרות, ובצוות השופטים, בראשותו של נשיא הטכניון פרופסור פרץ לביא, השתתפו חוקרים מהטכניון ונציג של חברת החשמל.

איציק רומנו, מהנדס החשמל של הטכניון, אמר כי יותר מחמישה מיליון שקלים כבר נחסכו בארבע השנים האחרונות על ידי עשר יחידות בטכניון, במסגרת פרויקט לחיסכון באנרגיה. "התחרות שערכנו היא צעד נוסף במאמצינו לחסוך ולהגביר את תודעת החיסכון", אמר רומנו.

## פליטת גזי חממה: דוח הטכניון

תחרות ההתייעלות האנרגטית היא אחת היוזמות של ארגון "קמפוס ירוק". הארגון הוקם בשנת 2000 בטכניון על ידי פרופסור יורם אבנימלך, והמודל הטכניוני אומץ על ידי המשרד להגנת הסביבה והופץ למוסדות אקדמיים נוספים. טל גולדרט, שהחליפה את פרופסור אבנימלך בתפקיד מנהלת "קמפוס ירוק", מעידה כי "מאז כניסתי לתפקיד המון רוח טובה בתחום הזה הן מהנהלת הטכניון והן מחברי סגל, ואנחו מניעים יוזמות שונות לחיסכון באנרגיה ולשיפור המצב הסביבתי. בין היוזמות האלה - תחרות החיסכון באנרגיה, תחרות פקולטה ירוקה, פתיחת חנות יד שנייה, ועוד." הקיץ הגיש הטכניון דוח על פליטת גזי חממה בתחומו. זהו המוסד האקדמי הראשון בישראל המגיש דיווח כזה. גולדרט, העובדת במוסד נאמן ובמקביל מרכזת את "קמפוס ירוק", מסבירה כי פרוטוקול הדיווח על גזי חממה פותח במוסד נאמן לבקשת המשרד לאיכות הסביבה, והוא מאפשר "לתרגם" דיווחים על רכישת דלקים וצריכת חשמל לדיווחים על פליטת פחמן. עד כה חתמו על הפרוטוקול בנקים, מפעלים וגופים נוספים - אבל לא מוסדות אקדמיים. "אמרנו לעצמנו שאם זה יצא מאיתנו, אנחנו אמורים להיות החלוצים. אנחנו מקווים שבעקבותנו יבואו מוסדות אקדמיים נוספים

## פרס לזכרו של מארק בנג'מין

ביולי 2011 העניקה הפקולטה להנדסה כימית ל**לובוב (אהובה) פינקלוון** פרס סטודנט מצטיין לזכרו של **ד"ר מארק בנג'מין**. בנג'מין, פיזיקאי מבריק שעבד על פרויקט מדעי סודי, מת בהתרסקות מטוס בספטמבר 1941, והוא בן 32.



## פרס מתמטי

**פרופסור מיכאל ז'יטומירסקי** מהפקולטה למתמטיקה זכה בפרס מקרן ע"ש פרופסור קורט מהלר במתמטיקה, על עבודתו בנושא: *Points and curves in the monster tower*.

## פרסי הרשל ריץ

הזוכים בפרס הרשל ריץ לשנה זו הם **פרופסור חוסאם חאיק** מהפקולטה להנדסה כימית; **פרופסור גרא נויפלד**, **ד"ר עופרה קסלר**, **ד"ר אסיה ורשבסקי**, **גב' נועה רבינוביץ ומר בעוז קיגל** מהפקולטה לרפואה; **פרופסור משה שהם ומר דוד זרוק** מהפקולטה להנדסת מכונות; **פרופסור מנשה זעור** מהפקולטה; **פרופסור יורם רייטר** ו**ד"ר רוני זהן** מהפקולטה לביולוגיה; **פרופסור ניר ססלר ומר אריאל בן-ששון** מהפקולטה להנדסת חשמל; ו**ד"ר אבנר רוטשילד** מהפקולטה להנדסת חומרים.

## פרס סנפורד קפלן

במקום הראשון בתחרות פרס סנפורד קפלן, לניהול יצירתית בהיי-טק במאה ה-21, זכו **פרופסור יורם רייטר** ו**ד"ר רוני זהן** מהפקולטה לביולוגיה. השניים זכו בתחרות על מחקר בנושא משפחה חדשה של מולקולות נוגדניות, הפועלות כנגד מחלות דלקתיות ואוטואימוניות. הפרס, בסך \$5000, נועד לעודד הקמה של מיזמים טכנולוגיים, ולגשר על הפער שבין מחקר טכנולוגי מתקדם ופיתוח מוצר תחרותי. הפרס הוענק להם במסגרת טקס הענקת פרסים של הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול.

## פרס המחקר ע"ש יולודן

פרס המחקר מקרן ע"ש יולודן לשנת תשע"א הוענק ל**ד"ר דביר ילין**, מהפקולטה להנדסה ביו-רפואית, על עבודת מחקר בנושא: *Minimally invasive nano - therapy using miniature endoscopy; ולפרופסור יאיר עין-אלי*, מהפקולטה להנדסת חומרים, על הישגיו בנושא *silicon-air batteries*.

# "ניסויים חיוניים שמובילים

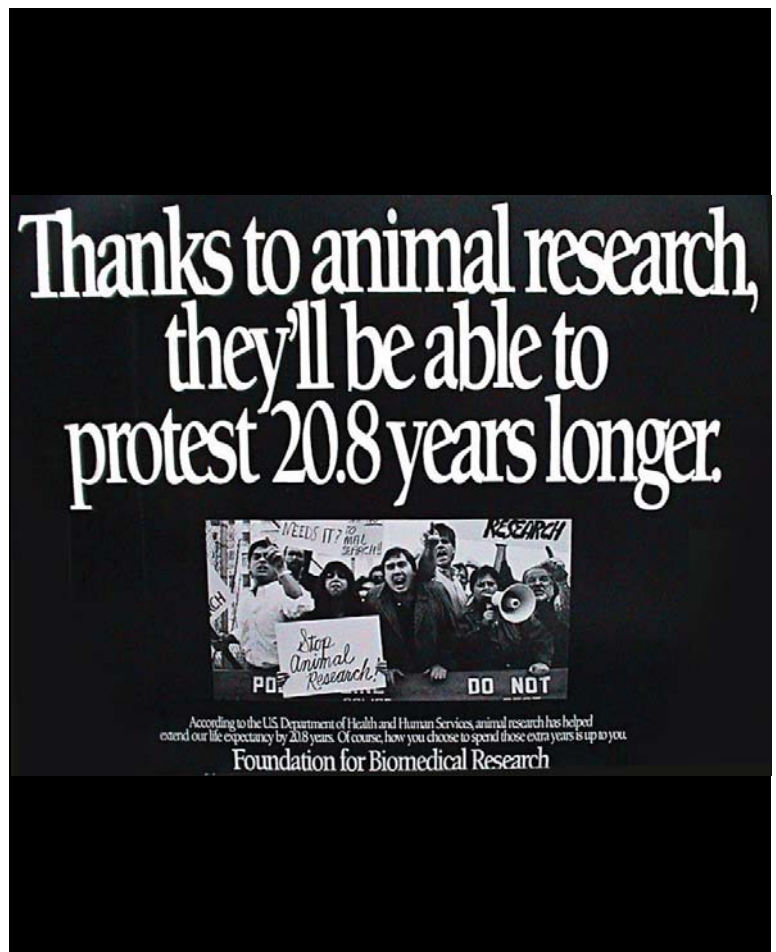


פרופסור עמי אהרונהיים,  
 יו"ר הוועדה לניסויים בבעלי חיים בטכניון,  
 מאמין שעלינו ללמוד מארה"ב בתחום זה ולנטוש  
 את העמדה המתגוננת

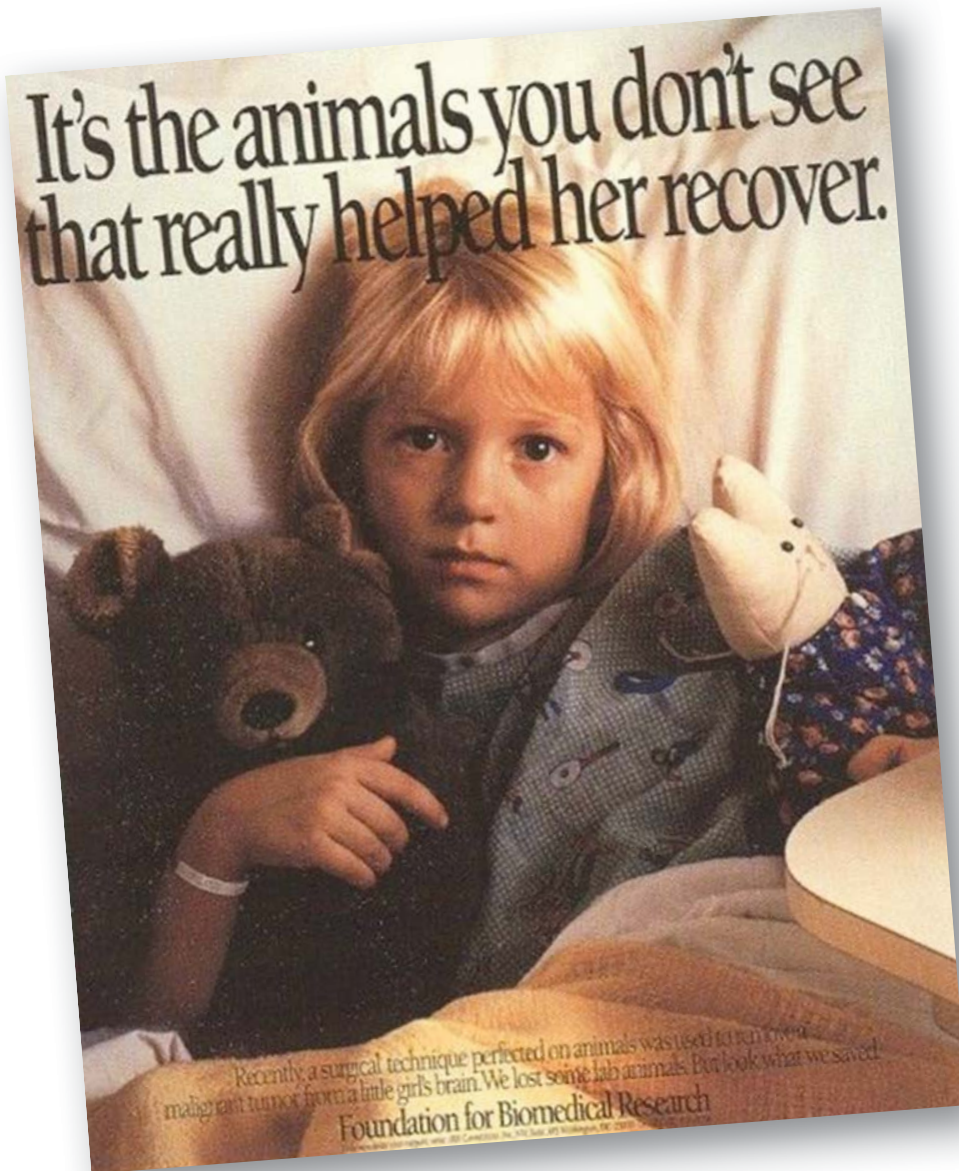
מאת נירית לביא-אלון

פרופסור עמי אהרונהיים מהפקולטה לרפואה בטכניון חוקר את מעברי האותות - הסיגנלים המתרחשים בתוך התא. הוא בוחן את שרשרת התהליכים שתחילתה בגרוי כימי, פיזיקלי או ביולוגי, וסופה בתגובת גרעין התא לגרוי. שיבוש בשרשרת זו עלול לגרום למות התא או להתחלקות מואצת של תאים, כפי שקורה במחלת הסרטן. "כל התהליך של העברת אותות מבוסס על קשרים בין חלבונים. במעבדתי פיתחנו שיטה לזיהוי קשרי חלבון עם מולקולות אחרות, ובעיקר קשרים בין חלבון וחלבון. כך גילינו כמה חלבונים חדשים וביצענו אפיון שלהם. השיטה שלנו היא פטנט רשום המשמש לזיהוי חלבונים חדשים ושרשראות שאינן מוכרות."

**אם כן, יש למחקר שלך נגיעה יישומית חזקה.**  
 "לא באופן ישיר. אנחנו חוקרים תהליכים ביולוגיים בסיסיים, ולעתים זה מוביל לגילויים מאוד יישומיים. אבל זה פועל בכל הכיוונים: כל גילוי של שרשרת חדשה פותח עולם שלם של אפשרויות מחקר. כל השיטה שלנו פותחה מתוך הבנה של תהליכים ביולוגיים בסיסיים, ורק לאחר הבנת התהליכים הבסיסיים האלה פיתחנו שיטה שיש לה יישומים במחקר מדעי ורפואי."  
 פרופסור אהרונהיים גדל במושב רמות השבים. כמושבניקים רבים הוא למד בפקולטה לחקלאות ברחובות, אבל כבר במהלך הלימודים לתואר







הראשון הוא הבין שיעודו הוא מדע ולא חקלאות. לפיכך המשיך למכון ויצמן, שם השלים תואר שני ושלישי בביוטכנולוגיה. את הפוסט-דוקטורט עשה בסן-דייגו, ומשם הגיע לטכניון. כאן הוא מלמד כימיה ומכהן כיו"ר הוועדה לניסויים בבעלי חיים בטכניון.

**מדוע בחרת בתפקיד רגיש כל כך?**

אכפת לי מבעלי החיים. הוועדה חשובה לי כי אני רוצה למנוע ככל האפשר פגיעה בבעלי חיים. הוועדה בוחנת את הבקשות לניסויים בבעלי חיים על סמך עקרונות עיצ"ה (עידון, צמצום והמרה), על פי החוק ומתוך דאגה לרווחת החיות.

**באילו חיות מבוצעים ניסויים בטכניון?**

בעיקר במכרסמים - עכברים, חולדות וארנבות - וגם בכבשים, בחזירים ובכלבים. בטכניון איננו עורכים ניסויים בקופים ובחתולים.

**האם הניסויים האלה חשובים כל כך?**

בהחלט. הניסויים האלה הם חלק חיוני והכרחי במחקרים שמובילים בסופו של דבר להצלת חיי אדם. צריך להבין שמחקרים רבים שהתפרסמו ברחבי העולם - למשל המחקרים של חתני פרס נובל, הפרופסורים הרשקו וצ'חנובר מהטכניון - מבוססים בין השאר על ניסויים במיצויים שהופקו מבעלי חיים. כמו כן, מחקרים נוספים בתחומים של סרטן, הנדסת רקמות, תאי גזע ופיתוחים של מיכשור רפואי מבוססים על שימוש בחיות ניסוי מסוגים שונים.

**רבים חולקים על כך.**

אכן, ישנה ביקורת פנימית וכמובן ביקורת ציבורית. מבית, הבעיה קשה במיוחד מפני שמדענים אינם אוהבים שמתערבים להם במחקר, מקשים עליהם ואומרים להם מה לעשות. מבחינה ציבורית אין אהדה לניסויים בבעלי חיים, וישנם פעילים וארגונים המתנגדים לכך בתקיפות.

לאחרונה ניסה השר להגנת הסביבה, גלעד ארדן, להעביר חוק שאוסר על ניסויים בבעלי חיים.

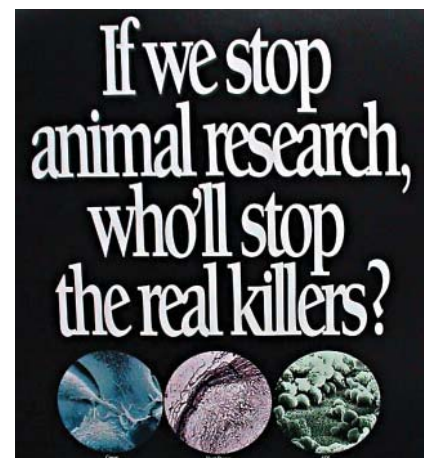
**מה עושים מול הביקורת הרחבה הזאת?**

אני משתתף בפאנלים בבתי ספר וכותב תגובות בעיתון, אבל זה לא קל. פעילי הארגונים מצליחים בקלות להלהיב ולסחוף את בני הנוער. הם מציגים תמונות של ניסויים בקופים ומפיצים מידע חלקי. הכתבות האלה גוררות כמובן טוקבקים מתלהמים. במישור הפרלמנטרי הצלחנו, לשמחתנו, להביא לדחיית החוק של ארדן, אבל בטווח הארוך חסרים לנו התקציבים הנדרשים לפעילות מתמשכת מהסוג הזה.

**האם בארצות אחרות המצב שונה?**

בהחלט. בארה"ב, למשל, יש תשדירים ישירים שמעוררים מודעות ומטפחים דעת קהל חיובית, כפי שאפשר לראות בכרזות המופיעות כאן. הפעילות בישראל נעשית בעיקר מתוך עמדה מתגוננת. עצוב לי שלא מנצלים הזדמנויות להסביר לקהל את חשיבות הניסויים בבעלי חיים.

המאמר נכתב במסגרת הקורס "מדע בתקשורת", בהנחיית ד"ר אילת ברעם-צברי מהמחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים



# בצמיחה מתמדת

## ראיון עם רונן האן, מהנדס חשמל ואתרופוסוף

### ומה למדת בהקשר הזה?

הלכתי לשני כיוונים - ייעוץ ביוגרפי וייעוץ ארגוני ברוח האנתרופוסופיה. ייעוץ ביוגרפי הוא ליווי של אדם דרך ההווה, ואל העתיד, על סמך עברו. זו אינה גישה דטרמיניסטית, שמאמינה שהעתיד נקבע על ידי העבר, אלא להיפך - שמתוך הבנה של העבר אנחנו יכולים לבחור את דרכנו ולצמוח בהתמדה. ייעוץ ארגוני ברוח האנתרופוסופיה תופס את הארגון באופן דומה - כיישות צומחת ומתפתחת שאינה אמורה לקפוא על השמרים. ייעוץ כזה מבקש לאתר את כיווני הצמיחה הפוטנציאליים, ולכוון את הארגון לנתיב הצמיחה הטוב ביותר. ככלל, זהו תהליך משתף, המבקש להפעיל את הארגון באופן לא היררכי.



▲ מקהלה בבית ספר ולדורף-הרדוף

### האם השאיפות האלה אינן מנותקות מהנורמות של העולם העסקי?

בכלל לא. היעוץ הארגוני בגישה האנתרופוסופית קשור עמוקות לשאלות היסוד של הארגון: קבלת החלטות אסטרטגיות, מיזוגים ורכישות, קונפליקטים פנים-ארגוניים, שינויים ארגוניים; אלא שאנחנו מערבים גם את ההשקפה הרוחנית בתוך התהליך.

### איך עושים את זה?

אחת הדוגמאות היא גישת המנדטים, הרלוונטית לכל מסגרת חברתית - נישואין, חברה עסקית, בית ספר. בבסיס הגישה עומדת אותה ההנחה שהאדם הוא יישות מתפתחת, וכי הזולת - האחר - הוא מרכיב מרכזי בהתפתחות זו. במילים אחרות, האינטרקציה החברתית היא גורם חשוב בצמיחה האישית. בחברה בת ימינו, המאופיינת בפירוד ובאינדיבידואליזם, אתגר המפגש קשה הרבה יותר - ודווקא משום כך זהו אתגר חשוב במיוחד. גישת המנדטים מקדמת דיאלוג בתוך המבנה החברתי, ובעצם מגשרת בין הסמכותי וההיררכי (החלטות הנקבעות על ידי מנהיג יחיד) לבין הדמוקרטיזציה המוחלטת. גישה זו מבקשת להעניק לאדם המתאים "מנדט" לפעילות מסוימת או לתחום מסוים, וזאת באופן מפורש, תוך הדגשה של מרכיבי האחראיות והאמון.

### ומה עשית עם כל הידע הזה?

בשנים שבהן למדתי עזבה רחל את עולם ההיי-טק והקימה את בית הספר האנתרופוסופי ברמת גן, בתחילה כבית ספר יסודי בלבד (עד כיתה ח'), כנהוג בחינוך האנתרופוסופי. בשלב מסוים החלו הוריהם של התלמידים לשאול את עצמם מה יהיה כשילדיהם יסיימו את כיתה ח'. וכאן נכנסתי לתמונה - הקמתי את ההכשרה הראשונה בישראל למורי תיכון בגישת ולדורף.

### כיצד התפתח המסלול הזה?

תוך שלוש שנים התרחבה ההכשרה והקיפה כמאה סטודנטים בגילאים שונים, ביניהם הורים רבים לילדי ולדורף. ובשנת הלימודים הנוכחית קורה דבר מאוד משמעותי מבחינתי - פתיחה של מסלול להכשרת מורי ולדורף בסמינר הקיבוצים. זה הישג עצום עבורנו - לחשוף את גישת ולדורף לא רק בפני הקהילה האנתרופוסופית אלא בפני הקהילה החינוכית כולה. בנוסף לתחום זה אני עוסק כיום בייעוץ ביוגרפי ובייעוץ ארגוני. בהקשר הארגוני אני עובד גם עם חברות עסקיות, אבל מתמקד בעיקר בבתי ספר - אנתרופוסופיים ואחרים.

### האם יש פתיחות בציבור הרחב לרעיונות האלה?

המצב הולך ומשתפר, וכיום מגיעים לבתי הספר שלנו ילדים ממשפחות לא אנתרופוסופיות. המשותף לכל ההורים ששולחים אלינו את ילדיהם הוא שעניין החינוך נמצא אצלם בעדיפות גבוהה. זה כמובן נכון גם לזרמים אחרים של חינוך אלטרנטיבי - הורים שמוכנים לשלם, בכסף ובמעורבות, יותר מהמינימום. וכשהם רואים שהילדים הולכים כשמחה לבית הספר, הם מבינים שהבחירה שלהם מוצדקת."

### ומה הלאה, ברמה האישית?

ככל מי שעוסק באנתרופוסופיה, גם אני מאמין שעלי להתפתח תמיד, לצמוח ולא לקפוא במקום. כיום, אחרי ההישג שלנו בסמינר הקיבוצים, אני עושה מאמצים לעבוד עם שותפים 'חוץ-אנתרופוסופיים', כלומר בתי ספר "רגילים" שמוכנים להקשיב למה שיש לנו להציע. זו ההתפתחות שלי כיום."

בשנת 1981 סיים רונן האן את לימודיו בבית הספר התיכון "אוהל שם" ברמת-גן. הוא התגייס לנח"ל במסגרת גרעין "עמרי" הפועל בעיירות פיתוח, ושירת שנתיים בלבנון (נח"ל מוצנח) והתגורר שנתיים בעיר הצפונית מעלות. "החיים במעלות היו מרתקים", הוא אומר. "במקרים רבים השירות הצבאי הוא ניתוק; אצלי זו היתה דווקא תקופה של חשיפה לנושאים מהותיים - ערביי מדינת ישראל, פערים חברתיים, יחסי דתיים-חילוניים ועוד." שם הוא שמע לראשונה על האנתרופוסופיה, שתתפוס מקום מרכזי בחייו כעבור שנים.

בשנת 1985, אחרי שחרורו, החל האן ללמוד בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון, וכאן הכיר את אשתו לעתיד, רחל - אחת הסטודנטיות היחידות בפקולטה באותה תקופה. רחל, שהיתה בין השאר מצטיינת נשיא בתקופת לימודיה בטכניון, קשורה גם היא כיום לעולם האנתרופוסופיה.

לאחר סיום לימודיו יצא האן, כמו רוב בוגרי הפקולטה, לעולם ההיי-טק. במשך שמונה שנים מרתקות, לדבריו, הוא עבד בחברת "אורבוס", שהפכה לימים ל"אורבוסק". משם הוא המשיך לחברה לאבטחת מידע, ולאחר מכן עבד בחברת הזנק בתחום הרפואי. "הכל היה מעניין, ובמיוחד החברה האחרונה. העבודה שם כללה קשר עם רופאים ובתי חולים, כנסים ונוכחות בניתוחים - דברים שלא הכרתי."

במקביל לעבודה האינטנסיבית החל האן לממש את חלומו - ללמוד אנתרופוסופיה. "לא ממש ידעתי לאן אני ממשיך, אבל היו לי כמה כיוונים."

### מהי האנתרופוסופיה?

האנתרופוסופיה היא גישה, השקפת עולם המקיפה את כל תחומי החיים, שמקורה בהגותו של רודולף שטיינר. זוהי גישה המתמקדת ברעיון ההתפתחות, וגורסת שילד, לאדם הבוגר ואפילו לקהילה ולארגון יש פוטנציאל התפתחותי שעלינו לטפח ולעודד. האמנות, בתוך כך, היא כלי מרכזי להתפתחות, ולכן חשוב שתתפוס מקום משמעותי בחיי האדם לאורך כל חייו.

# להחזיר את הילדות לילדים: חינוך ולדורף

◀ "החינוך המשחרר רואה את נפש הילד כמרכז פנימי יוצר ומכיל כל, ועליו רק לשחרר, לפתוח, לעורר את המוסר, הערכים והידע הטמונים בה. החינוך המסורתי רואה את הילד כסמן מיכל ריק שיש למלאו ותפקיד המורה לעשות זאת. למלא במה? כמובן, בתוכנית הלימודים."

◀ "הציפייה לקצב אחד כמוה כציפייה לכך שכל הילדים יהיו אותו דבר: ציפייה שמביאה לאיכויות הגרועות ביותר בתהליכים חינוכיים, ומרחיקה אותנו תמיד ממטרתה האמיתית של עבודתנו."

◀ "כל אדם שעבד עם ילדים בתשומת לב מכיר את הגבול העדין שבין להשפיע יותר מכוון, ובין המקום שאתה חודר בצורה לא מוסרית לתחום הפנימי, החבו והכל-כך רגיש של הילד. כמבוגר יש לך כוח עצום. הפעלתו בצורה לא מוסרית - הווה אומר, הדירה כוחנית לפנימיותו החבויה של הילד - תמיד פוצעת והורסת."

◀ "אנו חייבים לפתח את הכוחות הטמונים בנפש הילד, כך שהם יפתחו במלוא העוצמה. זאת על מנת שהאדם בגיל מבוגר יוכל לשאוב מכוחות ילדותו. בימינו מביטים אנשים על ילדותם, מרגישים את ילדותם ולא יכולים לשאוב ממנה מאומה, משום שכה מעט התפתח בתקופה זו."

מתוך "עולמה של הילדות - ילדות, חינוך וליוי הילד מנקודת המבט של חינוך ולדורף", ספרו של גלעד גולדשמידט, הוצאת הדרוף 2008

את השאר כמעט כליל. במקרים רבים החשיפה לאמנות נפגעת במיוחד, ובעינינו זהו חיסרון גדול מאוד, שכן אנחנו מאמינים שיש לפתוח בפני התלמיד ספקטרום רחב ככל האפשר של עשייה.

## טוענים שהאנתרופוסופיה טכנופובית ומפחדת מהקידמה.

אני לא מסכים. בתוכנית הלימודים של ולדורף תמצא לימודי מדעים עד סוף י"ב, ומשתתפים בהם גם אלה שבחרים באמנויות ובתחומים ההומניים. ילדי ולדורף בישראל מסתדרים מצוין עם כל המכשירים המודרניים שאנחנו מכירים.

אני משער שטענת הטכנופוביה נובעת מהעובדה שלימודי המחשב אינם ממוקמים במרכז תוכנית הלימודים בוולדורף. ההנחה שלנו היא שהילדים מסתדרים מצוין עם המחשב גם ללא לימודי-מחשב אינטנסיביים בבית הספר, וכי יש דברים טובים יותר לעשות בשעות של בית הספר.

## האם חינוך ולדורף מתאים לכל ילד, או רק לפלח קטן מהאוכלוסייה?

שאלה מעניינת. מצד אחד חינוך ולדורף אינו מופנה לשום סוג ספציפי של ילדים. מנסיוני הוא מתאים ותומך בילדים מחוננים, בילדים בעלי צרכים מיוחדים ועוד. עומדת ברקע כאן שאלה אחרת. האם הייתי רוצה שכל בתי הספר בישראל יהיו בתי ספר ולדורף? נראה שלא. הייתי רוצה שכל הורה יתעניין ויבחר בגישה החינוכית שמתאימה לילדיו, ויוכל למצוא בית ספר כזה במרחק סביר מביתו ובמחיר שווה לכל נפש. מובן שכל בית ספר כזה צריך לעמוד בתכניות הליבה.

## אומרים שחינוך ולדורף נוקשה מאוד ואינו נתון לילד חירות ובחירה.

השאיפה באנתרופוסופיה היא להצמיח אדם חופשי ועצמאי, בעל חשיבה פתוחה וביקורתית. אדם שמודע לרגשותיו וקשור אליהם. אדם יוזם ופעיל. אנחנו מאמינים שכדי שהאדם המבוגר יהיה חופשי ועצמאי, חשוב שיהיו לו בגיל צעיר גבולות, סדר יום וסמכות אוהבת. אלה מאפשרים התפתחות של חופש אמיתי. כשאנחנו מגדלים שתיל רך ורוצים שהוא יגדל לעץ ענק, עמיד לפגעי הטבע, לא "נתרגל" אותו בבצורת ובסערות. להיפך - נטפח אותו ונספק לו את צרכיו מים, דשן ושמש במינונים הנכונים. כך גם הילד - כדי להיות עצמאי הוא צריך מסגרת וגבולות, ולא "אימון בחופש".

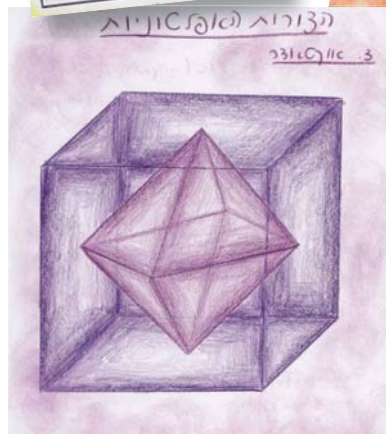
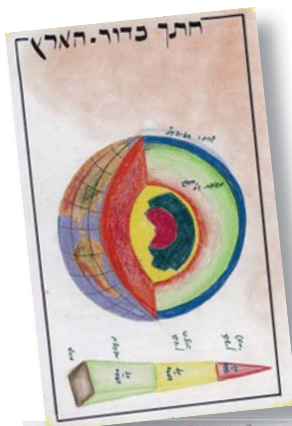
## איך מסתדרים בוגרי ולדורף בעולם האמיתי?

היום יש כבר מחקרים בעולם על בוגרי ולדורף, ונראה שהם מסתדרים מצויין. הפילוח לגבי תחומי העיסוק דומה לשאר האוכלוסייה, כולל בתחומי המדע והטכנולוגיה. במדינות אירופה יש ניסיון ממושך יותר בחינוך ולדורף, ואנחנו רואים שהבוגרים מוערכים מאוד ומבוקשים באוניברסיטאות. בישראל זהו תחום צעיר, והראשונים שסיימו את חינוך ולדורף הם היום בני 28. כיום מתנהל מחקר בנושא זה, ובעתיד הקרוב בוודאי נקבל תשובות לשאלה המסקרנת הזאת.

**מהו חינוך ולדורף?**  
זו הגישה החינוכית שהתפתחה בתוך האנתרופוסופיה. במרכז של הגישה - ההבנה שהילד אינו "מבוגר קטן", אלא אדם שצרכיו שונים מהותית מצרכי המבוגר.

**מה נגזר מהתפיסה הזאת?**  
ראשית, שעל המורים וההורים להיות קשובים לצרכיו של הילד ולעודד את התפתחותו. "לרכוש ידע" ו"להספיק חומר" הם יעדים המנוגדים לתפיסה הזאת. אנחנו לא מתנגדים לתכני הלימוד המקובלים, ולכן אנחנו עובדים על פי תוכנית הליבה, אבל יש לנו תפיסה שונה ומתודות שונות באשר לאופן הלימוד, קצב הלמידה והיחסים בין מורה לתלמיד. אצלנו, למשל, לומדים חשבון באמצעות תנועה ומקצב - במחאות כפיים, ברקיעות רגליים ועוד. המשחק והריתמוס הם האמצעים הנכונים כשמדובר בילדים.

**מדוע מדינשה הגישה הזאת את התחום האמנותי?**  
שלושת עמודי התווך של חינוך ולדורף הם ההומאני, המדעי והאמנותי. חשוב לנו שהילד הגדל יחווה את שלושת התחומים בכל שנות גידולו - גם בתיכון - וייחשף לשלושתם. שיטת המגמות, הנהוגה במרבית התיכונים, מצמצמת את החשיפה הזו למקטע צר של מקצועות, והנער זונח



תמונות מתוך סחברות של ילדי ולדורף מלימודי אנטומיה, גאומטריה וגאוגרפיה

# מסירות, ציונות וכמה חלקים מ"טויז



## ראיון עם הצוות המוביל של "כיפת ברזל", שכל חבריו הם בוגרי הטכניון

- אבל האנשים שיושבים כאן הם בהחלט חוד החנית.

### איך הכל התחיל?

בשנת 2004 יצא קול קורא לתעשיות למתן פתרון ליירוט רקטות קצרות טווח. התקבלו 24 פתרונות מחברות שונות, ביניהם לוחמת לייזר (מערכת ה"נאוטילוס") וגירסה משופרת של מערכת ירי "זולקן". הפתרונות היו מגוונים מאוד, והתחרות הייתה קשה. ניגשנו למכרז עם הצעה למערכת בשם "כיפת ברזל". במשך שנה נבחנו החלופות השונות על ידי צוות מומחים של מפא"ת, ובסופו של התהליך נבחר הפתרון של רפאל - מיירט הפועל בכל מזג אוויר.

### מה היה האתגר?

לפתח מערכת שתאתר איומים אוויריים - בעיקר רקטות - ותנטרל אותם באופן אוטונומי. במערכת שלנו יש חישן

"תקופת הפיתוח של 'כיפת ברזל' הכניסה אותנו לאורח חיים של אנשי קבע ביחידות שדה - עבודה מטורפת במהלך השבוע, ולפעמים גם ימי שישי ובמוצאי שבת. לא היה ערב שהגעתי בו הביתה לפני 11 בלילה. שכחתי איך המשפחה שלי נראית כשהיא ערה. וכמוכן, לא לקחתי יום אחד של חופש במשך שלוש שנים. אבל אני לא מצטער על שום רגע."

הדובר הוא חנוך, ראש פרויקט "כיפת ברזל", והראיון נערך במשרדי הפרויקט במתקן של רפאל בצפון. משתתפים בו עוד ארבעה אנשים: גיורא, דוד, אמנון וחנה. כולם בוגרי הטכניון, וכולם יצוינו כאן בשמותיהם הפרטיים בלבד.

"לא התאמצנו לבחור כאן בוגרי טכניון בשביל הראיון," מבהיר חנוך, בוגר הפקולטה להנדסת מכונות (1975). "זה באמת הצוות המוביל של הפרויקט, וכולם בוגרי הטכניון. הקרדיט על ההצלחה מתחלק כמוכן בין מאות האנשים שהיו שותפים בפרויקט - טכנאים, מהנדסים, אנשי מינהל

◀ **חנוך:** מי שרוצה להבין את זה צריך לדמיין בקבוק קולה שטס במהירות גבוהה פי כמה ממהירות הקול, במסלול לא חלק. ליירט אותו? זה נשמע אתגר כמעט הזוי.

◀ **אמנון:** למדתי להתעלם מהכתבות העיוניות, אבל גם מהאזהדות. אסור להסתנוור - אנחנו יודעים שיהיו גם כשלונות, וגם מהם נלמד.

◀ **גיורא:** הגעתי ליצרן של משגר 'פטריוט', אבל הוא רצה המון כסף - עשרות אלפי יורו - ולכן נאלצנו לפתח את זה לבד. התוצאה: חיסכון עצום בעלויות.

◀ **חנה:** אילוצי זמן הביאו אותנו להמשך פיתוח תוך כדי בדיקות. רמת החומרה של כל תקלה נשקלה בזירות, והחלטות על תיקונים התקבלו בכל שעה ביממה.

◀ **דוד:** בעצם היו מפקדי סוללות לפני שהיו סוללות. הצבא היה מעורב בפרויקט מהרגע הראשון, ולחיליים שמפעילים את המערכת יש מספרי טלפון שלנו.

אוורונוטקה וחלל (1972). "בפרויקט הזה התקבצו האנשים הכי טובים שיש. נכון שהיו המון אילוצים בגיוס הצוות, אבל בדיעבד אני יודע שהאנשים שעשו את 'כיפת ברזל' הם האנשים שהייתי בוחר ממילא אילו ניתנה לי יד חופשית לגמרי."

דוד למד בטכניון כעתודאי, המשיך לשירות צבאי ממושך, וב-1980 הצטרף לרפאל. הוא השתתף בפרויקטים רבים, ביניהם פיתוח טילי אוויר-אוויר וטילי "פופאי" (אוויר-קרקע), ובסוף 2007 נקרא להצטרף לצוות הפיתוח של "כיפת ברזל", כמהנדס ראשי. "אין ספק שהיה כאן משקל עצום להחלטה של הנהלת רפאל לתת עדיפות עליונה לפרויקט הזה, ולהעביר אליו אנשים מצוינים מפרויקטים אחרים", הוא אומר. "גם מערכת הביטחון היתה קואופרטיבית מאוד, וחשוב לציין את קבלתי המשנה, שלקחו חלקים משמעותיים בפיתוח והפגינו גם הם מסירות עצומה."

"קיבלנו עדיפות ראשונה בכל דבר", אומר חנוך. "זאת היתה ההחלטה האסטרטגית של כל הדרג הניהולי ברפאל. הרשו לנו למשוך אנשים מפרויקטים אחרים, קיצרו עבורנו כל מיני תהליכים - העיקר שנעמוד בלוח הזמנים, בהגדרות העלות וכמובן בביצועים הנדרשים."

**איך עמדתם באילוצים האלה?**

בתחילת הדרך זה נראה כמעט בלתי אפשרי. האמנו שנצליח, אבל האתגר היה חסר תקדים. בדיעבד ברור לי שהאילוצים האלה, שנראו כמעט בלתי אפשריים, הובילו אותנו לפתרונות יצירתיים ומוצלחים מאוד. הפשטות באה לידי ביטוי גם בייצור - אנשי הייצור אומרים לנו שזה הטיל הכי פשוט שהם ייצרו אי פעם.

נכון, כמדענים אנחנו חולמים לשבת במשרדים שלנו בלי מגבלות של זמן ותקציב ולפתח מוצרים מושלמים. אבל המציאות שונה, והאילוצים האלה הכריחו אותנו לשבור את הראש. יש כאן חלקים שזולים פי ארבעים מהחלקים שאנחנו קונים בדרך כלל. אני יכול לתת לכם אפילו סקופ - זה הטיל היחיד בעולם שמכיל רכיבים מ"טויז אר אס".

**סליחה?**

יום אחד הבאתי לעבודה מכונת צעצוע של הבן שלי. העברנו את זה בינינו וראינו שיש שם רכיבים שממש מתאימים לנו. יותר מזה אני לא יכול לספר.

"אחד הקווים המנחים בפרויקט היה לא להתחכם, לא להמציא דברים שכבר הומצאו קודם", אומר גיורא, בוגר הפקולטה להנדסה חקלאית (1976). "לכן הלכנו ליצרנים שונים ובדקנו אם יש להם טכנולוגיות רלוונטיות. הגעתי למשל ליצרן של משגר טילי ה'פטריוט' כדי לבדוק אפשרות לרכוש ממנו רכיבים מסוימים, אבל הוא רצה המון כסף - עשרות אלפי יורו - ולכן נאלצנו לפתח את זה לבד. התוצאה של הפיתוח העצמי היא רכיבים

**בעניין המחיר זווקא היתה ביקורת רבה בתקשורת.**

כן, הסבירו שמטופש "לבזבז" מיירט שעולה מאות אלפי שקלים על רקטה שעולה מאות דולרים. בעיני זו טענה מגוחכת. הרי באותה מידה אפשר לומר שכדור של רובה עולה 10 סנט, ושכפ"ץ של חייל - 500 דולר, אז מה פתאום לבזבז 500 דולר על 10 סנט? ברור שלא מחיר הרקטה הוא הדבר המשמעותי, אלא מחיר הנזק שהיא מסוגלת לגרום. לפני שנים פגעה רקטה במרכז קניות באשקלון. שלושה אנשים נהרגו, עשרות נפגעו ונגרם נזק של מיליוני שקלים. אז מה זה משנה כמה עלתה הרקטה? רקטה היא חפץ פשוט, ומיירט הוא מערכת מסובכת עם מנוע, הגאים, ראש ביות ומערכת היקפית שמאפשרת לו לבצע את המשימה. את המחיר של "טמיר", המיירט של "כיפת ברזל", צריך להשוות למיירטים אחרים, וכשעושים את זה רואים שהמיירטים המקבילים עולים פי 5 ואפילו פי 10 מהמיירט שלנו.

**הביקורת חרגה מעניין המחיר. אמרו שהמערכת פשוט לא יעילה יחסית לאלטרנטיבות.**

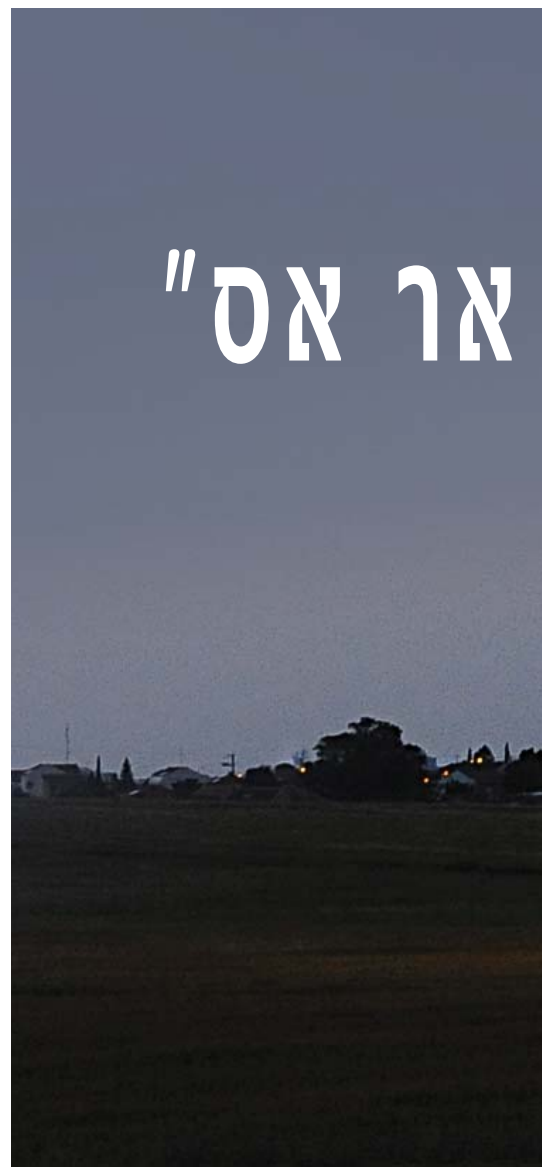
אני לא מזלזל במתחרים שלנו, אבל הוועדה שדנה בעניין הזה, ועדת נגל, התכנסה פעמיים מתוך הבנה שמדובר בעניין גורלי, ובחירה פעמיים בפתרון שלנו. אנחנו, אנשי רפאל, רגילים לקרוא את העיתונים ולגחך בינינו. אבל ידענו שהתשובה תבוא, והיא באה בתחילת אפריל, ביירוט המוצלח של הרקטות. רשמנו הצלחה של 100% - שמונה פגיעות בשמונה רקטות מעל אשקלון ובאר שבע.

"אולי צריך לומר לתקשורת תודה", אומר אמנון, בוגר הפקולטה להנדסת אוורונוטקה וחלל (2000), מהנדס המערכת של המיירט והמשגר. "כי כשאתה קורא כתבה צינית אז אתה אומר לעצמך, 'בואו נראה להם' ומסתער בכוחות מחדשים על הפרויקט.

"לאורך כל הדרך היו כתבות בנושא, אבל אחרי אפריל השתנה אופי הסיקור והכתבות התחילו לפרגן למערכת. אני למדתי להתעלם מהכתבות העוינות, אבל גם מהאזהרות. אסור להסתנוור - אנחנו יודעים שיהיו גם כשלונות, וגם מהם נלמד. מה שברור זה שיש כאן מערכת מצוינת שהוכיחה את עצמה.

**אמנון, אתה האיש הכי צעיר כאן בחדר. איך הגעת לפרויקט?**

סיימתי תואר ראשון ושני בטכניון, ומיד הצטרפתי לרפאל. באחד מימי שישי של שנת 2007 ישבתי בבית, מתוסכל ממתקפות הטילים על שדרות, ואמרתי לעצמי שצריך לעשות משהו בעניין הזה. כשהגעתי לעבודה בתחילת השבוע הבא פנה אלי דוד, שעבד איתי כבר קודם, והציע לי להשתתף בפרויקט 'כיפת ברזל'. זאת היתה ממש התגשמות של משאלה. "הצלחה של פרויקט היא תמיד הצלחה בבחירה של אנשים", אומר דוד, בוגר הפקולטה להנדסת



**אר אס**

שמאתר את האיום, מערך שליטה ובקרה שמנתח את מסלול הרקטה ואת מידת הסיכון, ומיירט (טיל) שמנטרל אותה. זה אולי נשמע פשוט, אבל זו מערכת מורכבת מאוד. רקטות קסאם מורכבות מאלמנטים מאולתרים, שנעים במסלול מאוד "מחוספס" ולא רהוט. מי שרוצה להבין את זה צריך לדמיין בקבוק קולה שטס במהירות גבוהה פי כמה ממהירות הקול, במסלול לא חלק. ליירט אותו? זה נשמע אתגר כמעט הזוי. ואם זה לא מספיק, אז משרד הביטחון ומפא"ת הציבו לנו ל"ז צפוף מאוד - פיתוח המערכת תוך 30 חודשים. לשם השוואה, הטיל הקודם שלנו פותח במשך יותר מעשר שנים. גם בסעיף העלויות הוטל עלינו אתגר אדיר - לקצץ את עלות המיירט לשמינית מעלות המיירט בפרויקט הקודם.

כמו שחנוך אמר, היו כאן אילוצים רבים וכבדים, אבל הם הועילו לנו מאוד. בדיעבד אנחנו רואים שהפתרונות האינטואיטיביים שהתחלנו מהם היו, במקרים רבים, מסובכים מאוד. אילוצי הזמן, ובעיקר מגבלות העלות, הובילו אותנו לפתרונות הכי פשוטים שהם, בסופו של דבר, הכי מוצלחים.

"יחד עם זאת," אומרת חנה, בוגרת תואר שני בהנדסת מערכות בטכניון, "צריך להבין שהמערכת מורכבת מהמון מרכיבי חומרה ותוכנה שמשתלבים למערכות (מיירט, משגר, ש"ב, מכ"ם ועוד) המרכיבות את מערך כיפת ברזל. אילוצי זמן הביאו אותנו להמשך פיתוח תוך כדי בדיקות, וזה היה אפשרי בזכות צוות מקצועי ושיתוף פעולה מצוין בין צוותי הפיתוח, הנדסת המערכת וההנהלה."

**איך התמודדתם עם לחץ הזמן?**

גיבשנו שיטות עבודה, תוך לימוד מפרויקטים אחרים ובעיקר בהתבסס על הניסיון של עצמנו לאורך זמן. רמת החומרה של כל תקלה נשקלה בזהירות, והחלטות על תיקונים התקבלו על ידי צוותי מומחים בוועדות שינויים שאורגנו תוך חצי שעה, בכל שעה ביממה.

"זה נכון מאוד," אומר חנוך. "היינו חייבים לזכור שהמשימה היא לא מערכת מושלמת אלא מערכת שעובדת היטב. אנחנו יודעים שהאיוב של הטוב הוא הטוב ביותר, ומזה נזרנו כל הזמן."

"הפרויקט הזה היה שונה מאוד מפרויקטים קודמים," מוסיף דוד. "עולם הטילאות ברפאל מאופיין בנטייה ליצירתיות, למהפכות, לשאיפה למשהו מושלם וחדשני. כאן, בגלל האילוצים, השתדלנו לנצל דברים קיימים שפותחו בעבר והצלחתם הוכחה, אך בהמשך נאלצנו לפתח דברים חדשים כדי לעמוד באילוצי מחיר וביצועים. בחלק מהמקרים הפתרונות החדשים והזולים גם השיגו ביצועים טובים יותר."

**ראיתם את המערכת בשטח?**

בוודאי. לחיילים שמפעילים את המערכת יש מספרי טלפון שלנו והם מתקשרים אלינו בכל בעיה. הצבא היה מעורב בפרויקט מהרגע הראשון, מרמת הדרישות והמפרטים, ובהמשך הוקמו צוותי הפעלה והתקיימו קורסים ייעודיים. בעצם היו מפקדי סוללות לפני שהיו סוללות. מהר מאוד נוצרה היכרות אישית בינינו לבין המפעילים. שילבנו אותם בניסויים, וכשהמערכת הגיעה לשטח חנכנו אותם, העברנו את הטיפול לידים שלהם, והפכנו ממפעילים לצופים. כיום, אחרי כל פעילות מבצעית, אנחנו מקבלים דיווח.

"מתחילת הדרך הקפדנו לחשוב בראש מבצעי," אומר חנוך. "אחת הדרישות שהגדרנו מלכתחילה היא שחיילת בגובה מטר ישישים ובמשקל ארבעים ושמונה ק"ג תוכל לעלות לעמדה ולהפעיל את המשגר. היה חשוב לנו להיות פרקטיים, מחוברים לשטח. טוב, נכון שהיו גם שיקולים עיצוביים. למעצב של המשגר, למשל, אמרתי שאני רוצה משגר שיראה סופר-מודרני ומאיים, כי ברור שתוך שעה מהפעלתו הוא יופיע ב-CNN ובאל ג'זירה. "הקשר שלנו עם המפעילים היה חסר תקדים, וזה היה תנאי חיוני לכך שהמערכת תתאים לכל אילוצי השטח. אני זוכר שחיילת תושבת חצור הגלילית, המוצבת בסוללת כיפת ברזל, אמרה לי: 'אני מורעלת על כיפת ברזל, ובגלל זה אני מתכוונת לבקש להישאר בקבע.'"



המשגר. עיצוב שייוואה מאיים ב-CNN ובאל ג'זירה

הייצור, שגם הם התגייסו ועבדו בהתלהבות חסרת תקדים; אצל רותם, ציקו ומולא ממשרד הביטחון/מפא"ת, שהיו לקוח מעולה ותומך, עם שותפות אינטרסים מלאה איתנו; והצבא, שהקצה להטמעת הפרויקט בשטח אנשים מעולים ורציניים. ואני חייב לציין את זהבה, המזכירה שלנו, שחלשה כאן על פרויקט בהיקף שקשה לתפוס. "קשה להסביר את לחץ הזמן שהיה כאן," אומר אמנון. "לא היו לנו תנאי מעבדה שמאפשרים להגיע לניסויים עם מוצר מושלם. היינו צריכים לתקן תקלות תוך כדי תנועה, לשפר כל הזמן את המערכת ולא 'להיתקע' על רעיונות שנשמעו טובים אבל נכשלו בשטח."

**איך מסננים את הרעיונות?**

אתה חייב לוותר על כל מיני רעיונות ומרכיבים, ואתה תמיד לוקח סיכון שזה מה שיפיל את המערכת. אבל מהר מאוד פיתחנו כאן מיומנות מעולה של סינון, תחושת בטן שאומרת לנו מתי עוזבים רעיון וממשיכים הלאה בלעדיו.

**משרברים? כשלונות?**

בוודאי שהיו, אבל ייאוש - לא. בשום שלב. הניסוי הראשון במערכת נכשל, אבל פיתחנו מנגנוני תגובה מאוד בריאים: תוך חצי שעה מתאוששים, מציעים פתרונות, מרימים טלפון מהשטח ומבקשים גירסה משופרת של הטיל. צמחה כאן תרבות של לקיחת סיכונים, מתוך הבנה שאפשר ללמוד הרבה גם מכשלונות. כל ניסוי - מוצלח או כושל - גרר תחקיר מקצועי ומדוקדק מאוד. למדנו לייצר פתרונות תוך שעות ספורות, ואז לערוך ניסוי נוסף.

פשוטים וזולים בסדרי גודל." גיורא, שהיה אחראי על המשגר בפרויקט, ייצא בשנה הקרובה לפנסיה. את כל הקריירה שלו עשה ברפאל, בתחום המשגרים.

**למה היית צריך להכניס את הראש לפרויקט כזה בשלהי הקריירה שלך?**

האמת שכשהציעו לי להצטרף, התלבטתי. ידעתי שזה יהיה מרתק, אבל היה לי ברור שהולך להיות כאן לחץ היסטרי. באתי לחנוך, ראיתי את החיוך על הפרצוף שלו והבנתי שאין לי אפשרות לסרב.

**ומה אתה חושב בדיעבד?**

באמת, היו כאן הרבה לילות לבנים, לחץ, לחות זמנים מטורפים, אבל החוויה היתה אדירה. אני עובד כבר שלושה עשורים ברפאל ואני לא זוכר צוות כזה. מה שהחברים שלי אמרו כאן נכון בהחלט: מה שעשה את ההצלחה כאן אלה האנשים. "אנשים ממש נלחמו כדי להשתתף בפרויקט," אומר חנוך, "וזה איפשר לנו לבצע סינון מתוך קבוצת אנשים מעולה. היה ברור שיש כאן משהו שחורג מהאתגר הטכנולוגי, שיש כאן משימה לאומית. ולמרות המחיר שנדרש כאן - שעות עבודה מטורפות, אפס ימי חופש - מי שהגיע לפרויקט לא הצטער. היתה כאן אווירה של יחידה מוכשרת."

**מאין המוטיבציה?**

ברור שהיה כאן שילוב של אתגר טכנולוגי אדיר ומשימה לאומית משמעותית. ההתגייסות היתה בכל הרמות - בהנהלה, שהחליטה לתת לפרויקט עדיפות עליונה; במאות האנשים שעסקו בפיתוח; באנשי המינהל; באנשי



## משמעת ברזל

3.8 ק"מ שחייה, 180 ק"מ רכיבת אופניים, 42 ק"מ ריצה - והכל ברצף אחד. זה היה התפריט של משתתפי תחרות "איש הברזל" הבינלאומית שנערכה בגרמניה בקיץ האחרון. גלעד רותם, סטודנט בפקולטה לרפואה ע"ש רפפורט, סיים את שלושת החלקים בזמן כולל של 8 שעות ו-20 דקות. תוצאה זו, המהווה שיא ישראלי, זיכתה אותו במקום השביעי - מתוך אלפי משתתפים - בתחרות. זהו הישג המשמעותי ביותר לרותם, שכבר זכה במקום השני בקבוצת הגיל שלו באליפות העולם בהוואי (1999), ובמקום הראשון בקבוצת הגיל שלו באליפות אירופה (2010).

רותם החל לשחות בגיל שמונה, אבל במרוצת השנים התחבר לעולם הטריאתלון. בעקבות השגיו הוצע לו מעמד של "ספורטאי מצטיין" בצבא, אבל הוא העדיף להיות חייל קרבי. אחרי לימודי הנדסת תעשייה וניהול וביולוגיה הוא פנה לתחום הרפואה מתוך החלטה ברורה להיות רופא. באוקטובר הוא נכנס לשנת הלימודים הרביעית.

◀ שיא ישראלי. גלעד רותם

## שוחה בחומר

נכונה של מצב המים והרוח, והתמקדות במטרה לאורך זמן.

### איך נראית תחרות שיט, ואיך מתכננים אליה?

התחרות האחרונה נמשכה כשבועיים, ובמהלכה נדרש כל שייט להשלים 12 שיוטים, שכל אחד מהם אורך כשעה. איך מתכננים? המון אימונים. אצלנו במועדון מתאמנים שלוש פעמים בשבוע, אימונים שאורכים שש שעות. זאת השקעה עצומה.

### גם הזוקטורט שלך קשור איכשהו לשיט?

במידה מסוימת. אני עוסק בפיתוח אלגוריתמים לתנועה של רכבים אוטונומיים, בין השאר סירות. תחבורה אוטונומית היא נושא מאוד חם כיום, והרעיון הבסיסי הוא כלי רכב שיידעו לנסוע לבד, לקבל החלטות לבד, ולתמרן בהתאם לתנועה על הכביש (או בים, במקרה של כלי שיט).

חשוב להבהיר שלא מדובר בכלי רכב על שלט, אלא על רובוטים שמקבלים החלטות בעצמם, על סמך נתוני הסביבה. מניעת התנגשויות היא כמובן מטרה מרכזית מאוד, אבל כאן אנחנו מתייחסים גם להיבטים נוספים, כמו הגברת מהירות הנסיעה תוך התחשבות באילוצים דינמיים מגוונים, מלבד אילוץ האי-התנגשות. בתחום השיט יש ממדים נוספים בעלי משמעות - אינרציה, רוח, זרמים ומשקל כלי השיט המשפיעים מאוד על תנועת הכלי.

▼ מנור באליפות אירופה בצופת (1999)



## שייט ומחנך

מאת רועי פרידמן

אני מכיר את גילי מנור כאבא לשייט לייזר, המתאמן כבר יותר משנתיים תחת שרביטו. גילי מהווה בעיני את התגלמות המילה "מצוינות": כספורטאי (6 פעמים אלוף ישראל), כסטודנט מצטיין בטכניון, כמאמן (אחת מחניכותיו זכתה באליפות העולם לקדטים ב-2008, וכמה חניכים שלו כבר זכו באליפויות ישראל) וכדוקטורנט במסלול ישיב בטכניון בהווה.

בתפקודו של גילי כמאמן בולטות מחויבותו הטוטאלית לשייטים, יכולתו להחדיר מוטיבציה ורצינות לשייטים הצעירים, והיותו דמות של מחנך ומנהיג עם המון דוגמה אישית. גילי מעורב לחלוטין בחייהם של חניכיו, בין אם זה במיילים יומיומיים, שיחות טלפון ארוכות, פייסבוק, פעילויות גיבוש שונות שהוא מארגן לקבוצה מיוזמתו, נסיעות לתחרויות בחו"ל ועוד. למרות ששיט הינו ספורט אינדיבידואלי, וכל שייט מתחרה בשייטים אחרים (גם בחברי קבוצתו), האווירה בקבוצה של גילי חברית מאוד, עם הרבה פרגון ועזרה הדדית, וזה לא במקרה.

מזווית אישית אני רואה כיצד הבן שלי, כיום בן 14, השתנה מאז שהחל להתאמן עם גילי לפני כשנתיים. כיום הוא מתאמן 3 פעמים בשבוע. כל אימון נמשך קרוב ל-5 שעות. בנוסף, 3 פעמים בשבוע הוא הולך ברגל מיד אחרי בית הספר לחדר הכושר. כששאלתי את הבן שלי אם זה לא קשה לו, הוא ענה לי בשיא הרצינות: "אבא, כדי להגיע לאולימפיאדה בעוד 8 שנים אני צריך לעבוד קשה ולהתאמץ". הגישה הזו משותפת לכל השייטים של גילי - שכולם גם תלמידים מצטיינים, ואני מאמין שאת חלקם הגדול נזכה לראות כסטודנטים בטכניון בעוד כמה שנים.

פרופסור רועי פרידמן הוא חבר סגל בפקולטה למדעי המחשב

בחדש יולי חזר גיל מנור מאליפות אירופה בשיט, שנערכה בהולנד. הוא עצמו כבר לא מתחרה, אבל שניים מתלמידיו רשמו הישגים מרשימים בתחרות - מקום 10 ומקום 25 מתוך 280.

מנור, שנולד ב-1983 בלוס אנג'לס, הצטרף למועדון השיט חיפה באימון הראשון שקיים המועדון. התאריך היה 23 באוקטובר 1993, וגיל היה תלמיד כיתה ג'. "אבא שלי היה שייט, וזה משהו שבהחלט נדבק אלי", הוא אומר. במהלך השנים הוא התקדם בדגמי הסירות, מ'אופטימיסט' ל'420' ול'לייזר רדיאל', ואחרי כיתה י"ב - ללייזר סטנדרט, שהוא כבר תקן אולימפי, עם מפרש של 7 מ"ר.

מנור התקבל לנבחרת ישראל בשיט כשהיה בכיתה י', ובכיתה י"ב זכה במקום הראשון באליפות ישראל - הישג שהקנה לו תואר "ספורטאי מצטיין" בצבא. לקראת סוף השירות הצבאי החל מנור לעבוד כמאמן במועדון, ושנה אחרי השחרור הפסיק להתחרות, ומאז הוא מקדיש את זמנו להדרכה וללימודים בטכניון. עם סיום התואר הראשון (בהצטיינות), ב-2009, הוא החל ללמוד לתואר שני, ותוך זמן קצר עבר למסלול ישיב לזוקטורט, בהנחיית פרופסור אילון רימון.

בפקולטה להנדסת מכונות לומדים עוד שלושה שייטים שהיו ספורטאים מצטיינים בצבא: בן אשל, עופר כהן ואיליה שטיינמן שגם הם גדלו במועדון השיט חיפה, וכולם אף הדריכו או מדריכים בעמותה כיום.

### מה זה אומר, להיות שייט?

בדגמי הלייזר זה אומר הרבה כוח פיזי, לאורך זמן. באירופה זה אפילו יותר בולט, כי הרוחות חזקות יותר. אבל חוץ מכוח פיזי צריך קואורדינציה טובה, קריאה

# העובדים הם המשאב היקר ביותר של הטכניון

להם כולנו מכירים טוב יותר את המוסד הגדול שלנו. בנוסף, קבוצה עובדים מכל בית הטכניון משתתפת בפרויקט למען הקהילה, התנדבות בארבע מועדוניות של מחלקות הרווחה בנשר ובהדר.

עובדי הטכניון יודעים כיום שהמקום בו הם עובדים נמצא איתם ברגעי שמחה אך גם ברגעי אבל ומשבר. כל עובדת או עובד שנישאים מקבלים שי, כמו גם כל יולדת וכל מי שחוגג יום הולדת.

בעת משבר - בנות מדור רווחה תמיד נמצאות שם, בבית החולים, במתן עזרה למשפחת עובד שחלה או חס וחלילה בימי אבל.

במבט של עובדי הטכניון ניתן לראות כי העובדים הוצבו במרכז הארגון, זו מדיניות חדשה שמונהגת בידי נשיא הטכניון, פרופסור פרץ לביא, המשנה לנשיא והמנכ"לית, ד"ר אביטל שטיין ומופעלת על ידי אגף משאבי אנוש. ולנו, במדורי ההדרכה והרווחה, הרואים עובדים מחייכים, מאושרים, ומעריכים את שניתן להם - אין תענוג גדול מזה.

▼ "רוח חדשה ורעננה." הפנינג לילדים העולים לכיתה א'



"הטכניון הינו אחד המעסיקים היותר גדולים בצפון, ובשנה האחרונה אי אפשר שלא לחוש ברוח חדשה ורעננה המפיחה חיים בכל תחום ההשקעה במשאב היקר ביותר שלנו - העובדים. מחשבה ועשייה מוקדשים לטיפוח המשאב האנושי בטכניון, לשם כך הוקם מדור חדש באגף משאבי אנוש - מדור רווחה."

רונית זונפלד, ראש מדור הדרכה ורווחה, מפרטת את המטרות העיקריות: **בתחום הרווחה** - טיפול בפרט, עידוד למצוינות והגברת המוטיבציה, יצירת סביבת עבודה ידידותית ונעימה, חיזוק התרבות האירגונית.

**בתחום ההדרכה** - הענקת ידע מקצועי וכלים ניהוליים לכלל עובדי הקמפוס, פיתוח עובדים, טיפול בנושאי שחיקה, סיעור מוחות והגברת האינטראקציה בין עובדי הפקולטות והמחלקות השונות.

**בתחום הקידום המקצועי** - התקיימו בשנה האחרונה עשרות פעילויות הדרכה בהם השתתפו מרבית מהעובדים, בנושאים רבים ומגוונים, כגון: מנהיגות, כלים יישומיים לניהול, פרקטיקות ניהוליות, מחשוב, חידושים בעולם הספריות ושרדוג ל"אופיס 2010". כ-250 עובדות ועובדים השתתפו בסדנאות למזעור השחיקה ועידוד המצוינות.

**במדור רווחה** - מתקיימת פעילות מגוונת של אירועים וטיפול במעגל החיים של העובד. מאות עובדים ובני משפחותיהם נהנו מנשף פורים, התקיים טקס ומסיבה לרגל עלייה לכיתה א', הנשים חגגו את יום האשה, בנות 12 ובני 13 חגגו בת ובר מצווה בטקס חגיגי ובביקור במעבדות המרכז לחינוך קדם-אקדמי. השנה הוקמה קבוצת כדורסל שמייצגת את הטכניון בכבוד. "סיורי העובדים בקמפוס זוכים להצלחה רבה והודות

המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון

**הצעה בלעדית וכדאית במיוחד  
לבוגרי ובוגרות הטכניון!**

**מלגת שכר לימוד מלאה**



**תואר טכניוני בהוראת  
הטכנולוגיה והמדעים**

- ◀ מקצוע נדרש עם שליחות
- ◀ היקף הלימודים - 36 נקודות, משך הלימודים - 4 סמסטרים
- ◀ נוח ומתאים לשילוב עם עבודה
- ◀ התואר מקנה כישורים חשובים ויישומיים לעבודה בהי - טק, תעשייה, מבזר ציבורי ואקדמיה
- ◀ אפשרות להשתלב בתפקידי הוראה, ניהול ויזמות בחינוך המדעי והטכנולוגי

**ההרשמה למחזור אוקטובר 2011 בעיצומה!**  
הרישום עד ה-23.10.2011  
להרשמה און-ליין  
[technion.ac.il](http://technion.ac.il)



לפרטים נוספים ולייעוץ אישי ניתן לפנות ישירות לראש המחלקה פרופ' אורית חזן  
דוא"ל [oritha@technion.ac.il](mailto:oritha@technion.ac.il) / טל: 04-8293107 / 04-8293449



# מידת עושר ומידת חסד



ד"ר פליקס זנדמן

## עם מותו של ד"ר פליקס זנדמן ז"ל - מדען, ממציא, יזם, תעשיין ובעל הזון



ד"ר פליקס זנדמן בביקורו האחרון בפקולטה להנדסת חשמל, נובמבר 2010, עם דיקן הפקולטה פרופסור אדם שורץ

ביוני השנה הלך לעולמו, בגיל 83, ד"ר פליקס זנדמן. ד"ר זנדמן היה ללא ספק אדם מיוחד ואחת מדמויות המופת החשובות בתעשיית הרכיבים האלקטרוניים, מאז ייסד את חברת וישי תעשיית ההיי-טק בישראל (Vishay Intertechnology) בשנת 1962. זנדמן נחשב לחלוץ תעשיית ההיי-טק בישראל וכמי שתרם רבות לבטחונה של מדינת ישראל.

סיפורו האישי של ד"ר פליקס זנדמן הוא סיפור מיוחד במינו. הוא נולד בשנת 1927 בעיר גרודנו (אז בפולין). משפחת פרידוביץ', הסבים של זנדמן מצד אמו, היתה משפחת תעשיינים אמידה. בשנת 1941 גורשה המשפחה לגטו גרודנו. לפני חיסול הגטו, בשנת 1942, הצליח פליקס בן ה-14 להימלט לביתה של אנה פוחלסקי, מי שהיתה בעבר משרתת בבית המשפחה וזכתה אז ליחס חם ואוהב מצד תמה, סבתו של פליקס. אנה, יאן בעלה וחמשת ילדיהם התגוררו, ברשותה של סבתא תמה, בבית הקיץ של משפחת פרידוביץ'. בני הזוג פוחלסקי הסתירו את פליקס, את דודו סנדר זוג יהודי נוסף - מוטל וגולדה בס - בבור מאולתר וחשוך בגודל של 170 על 150 על 120 ס"מ. הם עשו זאת למרות ידיעתם שאם ייתפסו ייגזרו על משפחתם גזר דין מוות. הבור נחפר מתחת למיטתם של בני הזוג, והארבעה נדרשו לשמור על דממה, כדי שדבר הימצאם לא יתגלה על-ידי המשפחה, מחשש שיסגירו את היהודים בהיסח הדעת.

17 חודשים שהו הארבעה בבור מתחת ללוחות הרצפה בבית משפחת פוחלסקי. בשעות החשיכה הרבות, שבהן הסתתרו בשקט מוחלט, העסיק את עצמו פליקס בלימודי מתימטיקה בהדרכת דודו סנדר, ובלימודי היסטוריה ומשפט בהדרכת מוטל בס, שהיה עורך דין.

בני הזוג פוחלסקי סיכנו את חייהם ואת חיי ילדיהם, ועל כך הוכרו לימים כחסידי אומות עולם.

אחרי המלחמה, ב-1946, נסע זנדמן לננסי, צרפת, שם למד הנדסת מכונות ופיזיקה. את הדוקטורט בפיזיקה קיבל מאוניברסיטת סורבון בפאריס וב-1956 היגר לארה"ב והועסק בחברת Budd, כמנהל תחום המחקר הבסיסי (Tatnall Measuring Systems). באחד הימים עלה במוחו של ד"ר זנדמן רעיון שהביא לפיתוח נגד עמיד בפני שינויי טמפרטורה. לימים יוביל הנגד למהפכה בתחום הרכיבים המדויקים. כאשר חברת Budd לא הסכימה לשווק את הנגד המיוחד שפיתח, החליט ד"ר זנדמן לצאת לדרך חדשה. הוא קיבל הלוואה מדודו סליינר, ובעזרתה ייסד את חברת וישי, הקרויה על שמו של הכפר הקטן בליטא, שם נולדה סבתו, תמה פרידוביץ'.

סבתא תמה לימדה את פליקס עוד בימי ילדותו שמידת עושרו של אדם היא בדיוק כמידת החסד שהוא עושה לזולתו. ברוח זו ניהל זנדמן את חייו כאדם בוגר. את המצאותיו תרגם פליקס זנדמן לאימפריה תעשייתית, והחברה שהקים צמחה והפכה להיות אחת מיצרניות הרכיבים האלקטרוניים הגדולות והמשפיעות בעולם. החברה מייצרת רכיבים פסיביים ואקטיביים, ונחשבת לאחת הספקיות החשובות בתחום. כמעט בכל מכשיר חשמלי ניתן למצוא את רכיביה.

כיום יש לחברה מתקני ייצור במקומות רבים בעולם, בהם מועסקים יותר מ-22 אלף עובדים. כ-4,000 מהם עובדים בחמישה מפעלים בישראל. וישי הקימה את מפעלה הראשון בישראל כבר בשנות השישים, והוא נחשב למפעל ההיי-טק הראשון שהוקם בארץ על-ידי חברה גלובלית.

כשהאלוף ישראל טל פנה לד"ר זנדמן עם בעיה שהתגלתה בטנק המרכבה הישראלי - אי-דיוק בירי - ד"ר זנדמן נרתם בהתנדבות למשימה. הוא פיתח את השרוול התרמי המולבש על קנה הטנק ומאפשר הולכת חום שווה לכל חלקי התותח. השרוול מנע היווצרות הפרשי טמפרטורה בין חלקי התותח, הפרשים שגרמו עד אז לסטייה בירי. תרומתו של ד"ר זנדמן קידמה את טנק המרכבה, שהוא כיום אחד הטנקים הטובים בעולם.

במחזיאון המדע בווינגטון, הסמיטסוניאן, מוצגת על גבי מפית נייר המצאתו של ד"ר זנדמן, המוגדרת כאחד מ-18 ההישגים המדעיים הגדולים ביותר במאה העשרים. מדובר בפנטז שסלל את הדרך למזעור כל התקני החשמל והאלקטרוניקה. יכולתו הנדירה של ד"ר זנדמן לתרגם את עקרונות הפיזיקה לפנטזים יישומיים הפכה אותו לאחד המדענים הנחשבים בדורו. המצאותיו נוגעות במיליארדי אנשים: מהמכשור לבדיקת חוזק מתכות ועד לנגדים הזעירים שהם הבסיס לכל האלקטרוניקה שמלווה את חיינו.

כהוקרה על פועלו הכריזה ב-1989 האגודה הבינלאומית למכניקה ניסויית - SEM - על החלטתה להקים פרס לכבודו של פליקס זנדמן, וב-1996 הוא נבחר לחבר כבוד של האגודה.

ד"ר פליקס זנדמן פירסם מאמרים מדעיים רבים, רשם 70 פטנטים וחיבר שלושה ספרי לימוד ואוטוביוגרפיה בשם Never The Last Journey, המספרת את סיפור חייו יוצא הדופן. עם הפרסים הרבים שקיבל נמנה פרס התאחדות התעשיינים למשקיע האסטרטגי המצטיין בישראל, אותו קיבל מידי מנשיא המדינה כהוקרה על תרומתו הרבה לפיתוח התעשייה הישראלית וקידומה.

ד"ר זנדמן ורעייתו רותה, שליוותה את פעילותו העסקית והפילנתרופית במשך 34 שנות נישואיהם, הקימו את קרן זנדמן-שושני, המעניקה מדי שנה מלגות לסטודנטים מצטיינים בני חדרה, עיר הולדתה של רותה, במטרה לעודד אותם ללימודים בטכניון, בפקולטות להנדסת חשמל, הנדסת חומרים ופיזיקה.

בשנת 2000 הקימו ד"ר פליקס זנדמן ורעייתו, את הקתדרה ע"ש זנדמן לחומרים קרמיים בטכניון. הקתדרה נקראת בשנים האחרונות "הקתדרה למכניקה ניסויית ע"ש זנדמן" ומחזיק בה, מאז 2009, פרופסור דניאל ריטל, מהפקולטה להנדסת מכונות, המשמש גם סגן המשנה הבכיר לנשיא הטכניון.

על תרומתו של ד"ר פליקס זנדמן למדינת ישראל הוענק לו ב-1997 תואר דוקטור לשם כבוד מהטכניון.

ד"ר פליקס זנדמן היה אדם נדיר בכל קנה מידה, וללא ספק שימש מקור השראה לרבים.

יהי זכרו ברוך.

# פיתוח חיסונים: אתגרי העתיד



▲ "התכשיר שהשתתפתי בפיתוחו מסייע למטופלים רבים, וזהו סיפוק גדול." פרופסור רות ארנון

## פרופסור רות ארנון בהרצאה השנתית לזכרו של יצחק מודעי ז"ל

פרופסור רות ארנון ממכון ויצמן למדע נשאה השנה את ההרצאה השנתית לזכרו של יצחק מודעי ז"ל. פרופסור ארנון היא אימונולוגית בעלת שם עולמי. מחקריה מתמקדים בפיתוח חיסונים מתקדמים וכן בחקר התהליכים המעורבים בסרטן, ובמחלות שנגרמות על-ידי טפילים. היא היתה שותפה בפיתוח הקופקסון - התרופה הישראלית האתית הראשונה, המשמשת לטיפול בחולי טרשת נפוצה.

### פרופסור מוטי שגב - חבר חדש באקדמיה

פרופסור ארנון משמשת מאז יוני 2010 נשיאת האקדמיה הלאומית למדעים - הגוף הבכיר בקהילה המדעית, שנוסד כדי לרכז את הטובים באנשי המדע בישראל במטרה לטפח ולקדם פעילות מדעית בארץ. האקדמיה משמשת גוף מייעץ לממשלת ישראל בפעולות הנוגעות למחקר ולתכנון מדעי בעלי חשיבות לאומית. חברי האקדמיה מונים 100 חוקרים, מהם 55 ממדעי הטבע ו-45 ממדעי הרוח והחברה.

שישה פרופסורים מהטכניון חברים באקדמיה - אברהם הרשקו, יעקב זיו, משה זכאי, אהרן צ'נוב, דן שכטמן וזאב תדמור. עוד לפני שפתחה את הרצאתה הודיעה פרופסור ארנון כי יום קודם התקבל פרופסור מוטי שגב, מהפקולטה לפיזיקה בטכניון, כחבר באקדמיה.

פרופסור רפי רום, סגן הנשיא לקשרי ציבור ופיתוח משאבים, בירך את הבאים להרצאה, בהם אנשי הקורטריון מהארץ ומחול. "ההרצאה השנתית ע"ש מודעי", אמר פרופסור רום, "מכבדת מדי שנה שני אישים - את יצחק מודעי ז"ל ואת הדובר האורח. השנה נושאת דברים פרופסור רות ארנון, נשיאת האקדמיה הלאומית למדעים. ההרצאה השנתית המתקיימת במסגרת אירועי הקורטריון משמרת את זכרו של בוגר וידיד הטכניון, חבר הקורטריון ומי ששימש שר בממשלות ישראל, יצחק מודעי ז"ל."

משה מודעי, אחיו של יצחק מודעי המנוח, נשא דברים בשם המשפחה. הוא ציטט דברים מתוך מאמר אותו פרסם יצחק מודעי ב"דיעות אחרונות" ב-17 בפברואר 1984, הרבה לפני שנבחר לשמש כשר אוצר. וכך כתב: "יש לנו מדינה, תעשייה וחקלאות מודרנית, עוצמה צבאית אדירה, משאבי רוח, מדע ונפש של מדינת ישראל ושל היהדות העולמית. ההתפתחות הכלכלית המזוהה של מדינת ישראל בתחומי החקלאות, התעשייה, הבנייה והפיתוח, הבנקאות והשירותים, המדע והמחקר, אינם מצדיקים שום פסימיות בקשר ליכולת העמידה שלנו. אדרבה, ההישגים רבי-הרושם של העבר נוסכים ביטחון שבעתיד לא תתמוטט ישראל מסיבות כלכליות."

### הקתדרלה הלא גמורה

הרצאתה של פרופסור ארנון עסקה בנושא "התחדשות במחקר ופיתוח של תרכיבי חיסון - אתגרים וציפיות", ונפתחה בצילום של הקתדרלה בסיינה.

במאה ה-14 היתה סיינה אחת הערים העשירות והמאוכלסות ביותר בעולם, וכתוצאה מכך היה צורך להגדיל את הקתדרלה. היסודות להרחבה כבר הונחו, וכבר נבנה אחד מקירות הענק של הקתדרלה שהיתה אמורה להיות בסופו של דבר גדולה יותר מקתדרלת סן פייטרו ברומא; אבל אז פרצה מגיפת הדבר, וכמעט מחצית מתושבי העיר מתו, ביניהם בנאים ואמנים. לא היה עוד צורך בקתדרלה גדולה כל כך, לא היה מי שיבנה אותה, והקיר נותר מצבה לזכר החיים שאבדו.

מחלות ומגיפות היכו בבני האדם. אחד מגורמי התמותה היתה מחלת האבעבועות השחורות, שקטלה מיליוני בני אדם מדי שנה. לפני כמאתיים שנה הבחין אדוארד ג'נר (Edward Jenner), רופא כפרי באנגליה, שנשים שעסקו בחליבת פרות לא לקו באבעבועות שחורות ועורן היה חלק, בניגוד לעורם המצולק של מי שלקו במחלה והחלימו ממנה. הוא החליט לבדוק אם קיים קשר בין עיסוקן של אותן נשים לבין

העולם. קושי נוסף הוא העברה של מחלות מבעלי חיים לבני-אדם כתוצאה מהרס איזורי המחיה של בעלי חיים נושאי מחלות מידבקות והתקרבותם של בעלי חיים אלה לתחומי המחיה של בני-אדם. מכאן חשיבותה של התארגנות בינלאומית בתחום זה.

כבר היום מפתחים מדענים חיסונים שיוכלו לשמש לתקופות ארוכות, לסוגים שונים של מחלות ואף כטיפול במי שכבר חלה. נעשים ניסויים מתקדמים לקראת אישור של שימוש בחיסון במקרים של שחפת ואיידס ויש התקדמות בנושא זה, אבל כל אלה נמצאים עדיין בשלבי ניסוי. באשר לסרטן - בשלב זה לא ניתן לחסן נגד המחלה כטיפול מניעתי, אבל נעשה שימוש בתרופות המבוססות על מרכיבים הנמצאים בתא הסרטני והם אופייניים לו, והכוונה היא להגיע גם לפיתוח של חיסון הבנוי על אותו עקרון.

### קופקסון: מגן המיאלין

פרופסור ארנון ושותפיה - פרופסור מיכאל סלע וד"ר דבורה טייטלבוים ממכון ויצמן למדע - פיתחו את תרופת הקופקסון שנועדה לטיפול בחולי טרשת נפוצה. מדובר במחלה כרונית אוטו-אימונית, שבה מערכת החיסון תוקפת את המיאלין (Myelin) - חומר המרכיב את המעטפת של הסיבים העצביים. טרשת נפוצה נחשבת למחלת העצבים השכיחה ביותר בקרב אנשים צעירים. זוהי מחלה כרונית פרוגרסיבית של מערכת העצבים המרכזית הפוגעת במוח, בחוט השדרה ובעצבי הראייה. קופקסון, המהווה פריצת דרך עולמית בטיפול במחלה, מפחיתה את מספר ההתקפים של החולה וגם משפרת משמעותית את תפקודו. כרבע מיליון אנשים ברחבי העולם מטופלים היום בקופקסון. "הסיפוק הגדול שלי כמדענית הוא העובדה שהתכשיר שבפיתוחו הייתי מעורבת מגיע למספר רב כל כך של מטופלים, מקטין משמעותית את מספר ההתקפים, ובכך משפר את איכות חייהם ומאריך את תוחלת החיים שלהם."

העובדה שלא לקו במחלה. ג'ר גילה שאצל פרות היתה נפוצה מחלת בהמות שהיו לה סמנים דומים לאבעבועות השחורות של בני-האדם, אלא שבבקר המחלה היתה קלה יותר. הוא נטל דגימת חומר מהפרות, והזריק אותה לילד קטן. הילד שהה במחיצתם של חולים באבעבועות השחורות ולא נדבק. ד"ר ג'ר מסר לעמיתיו את המידע המרעיש, ואיפשר את מיגור המחלה באמצעות הטיפול האמור. בעקבות זאת נטבע המונח Vaccine (חיסון), המבוסס על המילה הלטינית Vacca - פרה.

אבל זו היתה רק ההתחלה, והיה זה רק מקרה ששתי המחלות היו דומות. רק מאה שנה מאוחר יותר גילה לואי פסטר את המיקרואורגניזמים כמחוללי מחלות. הוא היה הראשון שפיתח שיטה המכוונת להחליש אותם, כך שלא יכלו לחולל עוד את המחלה.

כתוצאה מפיתוח החיסונים חלה ב-60 השנים האחרונות ירידה ניכרת בהידבקות במחלות שנחשבו בעבר קשות ומידבקות - חזרת, חצבת, אבעבועות ועוד - כמו גם בהידבקות במחלות הנגרמות מסיבוכים שלהן.

### עלייה בתוחלת החיים

מאז פותחו החיסונים השונים והתקדם משמעותית נושא ההיגיינה, עלתה משמעותית גם תוחלת החיים; אלא שברור ודוע כי אם ייפסק מתן החיסונים ישובו המחלות, וכי הנגיפים הופכים עמידים ויש לפתח כל הזמן חיסונים חדשים, הניתנים בדרך כלל כטיפול מניעתי.

בעתיד יצטרכו האימונולוגים להתמודד גם עם הופעה חוזרת של גורמים מחוללי מחלות, התמודדות עם הופעה גדלה והולכת מחלות של אוטו-אימוניות, פיתוח חיסונים נגד מחלת הסרטן, היערכות לשדה הקרב העתידי (שייתכן שיעשה בו שימוש בחומרים ביולוגיים קטלניים), וכן פיתוח של חיסונים שישמשו לא רק כאמצעי מניעתי אלא לטיפול במחלה לאחר שכבר פרצה. התפשטותן של מחלות מידבקות ברחבי העולם הואצה משמעותית בשל קשרי התעופה חובקי



המחזור הרביעי של תכנית "אופקים להיי-טק" נפתח לאחרונה במרכז לחינוך קדם-אקדמי. כמאה צעירים, לאחר שירות צבאי, מהפריפריה הגיאוגרפית והחברתית, התקבלו לתכנית לאחר מיון קפדני. מטרת המיון היא איתור מועמדים שביכולתם להתמודד, להתמיד ולהצליח בלימודים במסלולים המדעיים-טכנולוגיים, ולא ניתנה להם הזדמנות בעבר.

דבר קיומה של התכנית מובא לידיעתם של הצעירים המשתחררים מצה"ל באמצעות פנייה ישירה של צוות התכנית, בשיתוף היחידה והקרן להכוונת חיילים משוחררים במשרד הבטחון. יש מי שעוברים את המיונים חודשים טרם שחרורם, וצה"ל מסדיר את שחרורם המוקדם של המתקבלים לתכנית. "אופקים להיי-טק" היא תוכנית ייחודית המיועדת לצעירים יוצאי צבא, מרקע סוציו-אקונומי קשה, בעלי יכולת ומוטיבציה, החסרים נתוני קבלה ללימודים אקדמיים איכותיים בתחומי ההנדסה והמדעים המדויקים, כאשר המתקבלים לתכנית זוכים גם לתמיכה כלכלית ולמעטפת תמיכה

לימודית מיוחדת. הסיוע המקצועי והתמיכה הכלכלית מאפשרים לתלמידים להתמקד בלימודיהם ולרכוש יסודות שיאפשרו להם להתמודד עם הלימודים המתגברים בטכניון. כ-130 מבוגרי התכנית התקבלו עד כה ללימודי תואר ראשון, וחלקם אף היו מצטייני נשיא ודיקן.

יזם התכנית ומובילה הוא יהודה זיסאפל, בוגר הטכניון, לשעבר יו"ר ארגון בוגרי הטכניון, נשיא קבוצת רד-בינת ויו"ר אגוד תעשיות האלקטרוניקה והתוכנה, אליו חברו הטכניון, הקרן והיחידה להכוונת חיילים משוחררים במשרד הבטחון. קרן רש"י וחברות וגופים נוספים. התכנית החלה לפעול בטכניון בנובמבר 2008, והיום פועלות מכינות מיוחדות אלה גם באוניברסיטת תל-אביב ואוניברסיטת בן-גוריון.

בתמונה: תלמידי המחזור הרביעי עם יצחק תורגמן מקרן רש"י ודוד זיגדון, מנכ"ל רד ביוסד



## מפגש בוגרי 1961 הפקולטה להנדסת לחשמל

מאת מוטי שמעיה, אורי לייטנר ואמנון גפני

אלא נערכו באופן שריתק גם את בנות זוגנו. נושא הרצאתה של פרופסור טל היה "כשגיאומטריה וארכיאולוגיה נפגשות". בהרצאה תואר סיוע הפקולטה בשחזור ממצאים ארכיאולוגיים באמצעות ידע מתמטי הכולל גיאומטריה וגרפיקה ממוחשבות, אומדני מרחקים ואלגוריתמים שפותחו בחלקם בפקולטה עצמה וכן באמצעות טכניקות עדכניות של דימות ויצירת מציאות וירטואלית. פרופסור טל הציגה כיצד, בניתוח צילומים של הממצאים הארכיאולוגיים משייכים ומרכיבים שברים לממצא. היא הציגה שחזור על הצילום, של קווים וכתובות שנמחקו מהממצא במהלך השנים ואף תיארה את ההסתייעות במאגרי מידע בתארוך הממצאים. בהרצאה אף הוצגו מספר דוגמאות של כלים מתמטיים בהם מסתייע המשחזר. בהרצאתו "ננו-אלקטרוניקה, על קצה העיפרון" מנה ד"ר יובל יעיש את התכונות המכניות, החשמליות והאופטיות של חומרים הבנויים בטכנולוגיות ננו. ד"ר יעיש הציג את האפשרויות ואת הפעילות בפקולטה היום כאשר לסינתזה של חומרים רצויים, כשנקודת המוצא היא שכבה מונו-מולקולרית של פחמן - פולרן - וקיפולה בזוויות שונות ליצירת ננו צינורות פחמן. כך נוצרים חומרים בעלי תכונות שונות, מוליכים, מבודדים. בעתיד ניתן יהיה להשתמש בכך ליצירת חצי-מוליכים אידאליים, וזאת מלבד השימוש בטכנולוגיה זו לתעופה וחלל.

הגב' פנינה זיו, מנהלת ארגון בוגרי הטכניון, הציגה את פעילות הארגון והדגישה את חשיבות הקשר שבין הבוגרים לטכניון. המפגש הסתיים בארוחת ערב חגיגית ובתקווה שהביעו המשתתפים שהמפגש הבא יחול בקרוב.

אנו, חברי הוועד המארגן מטעם הבוגרים, מודים ל:  
**פרופסור אדם שורץ** על האירוח,  
**פרופסור אברהם אלכסנדרוביץ**, שהיה מרצה שלנו למכונות חשמל, על בואו ועל נוכחותו בכנס,  
**פרופסור איילת טל** על הרצאתה המרתקת אודות הקשר שבין הגיאומטריה לארכיאולוגיה,  
**ד"ר יובל יעיש** על הרצאתו המרתקת באשר לאפשרויות ליצירת חומרי ננו-טכנולוגיה בעלי תכונות רצויות,  
**הגב' פנינה זיו** - מנהלת ארגון הבוגרים - על הסיוע בארגון, במשלוח הזמנות למשתתפים, בארגון הכיבוד והארוחה ועל הצגת פעילות הארגון בכנס,  
**מר יורם שבתאי** - אחראי משק ותחזוקה - על הסיוע וההדרכה בכל הקשור לסידורי החנייה בטכניון בעת הכנס,  
 ואחרון, אחרון חביב **מר יורם אור-חן**, מהנדס הפקולטה, על הסיוע המתמיד בארגון הכנס, גיוס סגל הפקולטה, עריכת צילומים וסרטים מן העבר וצילומי הבוגרים והסגל בעת הכנס.

ב-15 ליוני 2011 נפגשנו, אנו - בוגרי מחזור 1961 ובנות זוגנו בטכניון, בפקולטה להנדסת חשמל במלאת יובל לסיום לימודינו. היה זה מפגש מרגש בין חברים שלא התראו שנים רבות, ביניהם כאלה שהגיעו מחו"ל במיוחד לאירוע. היתה זו הזדמנות עבורנו לסייר בפקולטה, להתרשם מהתרחבותה וממעבדותיה וללמוד על העשייה בה כיום. אירח אותנו דיקן הפקולטה פרופסור אדם שורץ. מיד לאחר התכנסות וכיבוד קל יצאנו לסייר בפקולטה בהדרכת מר יורם אור-חן, מהנדס הפקולטה, אשר הציג את עיקרי הפעילות במעבדות, ניתן היה לראות את ההתפתחות המרשימה של הפקולטה הן בסוגי פעילות המעבדות והן באינבנטר מערכות צב"ד ומחשוב העומד היום לרשות הסטודנטים; המפגש עם הסטודנטים היה חווייה בלתי נשכחת, מה גם שבאחת המעבדות בה נאמר לסטודנטים כי אנו בוגרי 1961 הם, ספונטנית, מחאו כפיים.

עם החזרה מן הסיור ניתנה סדרת הרצאות שמטרתה היתה להציג נתונים על הפקולטה היום ולהעמיק בשניים משטחי פעילותה. טרם ההרצאות, הציג בוגר המחזור אורי לייטנר נתונים אודות הבוגרים, הזכיר את אלה שאינם עוד אתנו ואף הציג תמונות מזמן הלימודים. יורם אור-חן הציג קטעי סרט מכנס הבוגרים שהתקיים ב-1994.

הדיקן, פרופסור אדם שורץ, מנה את שטחי פעילות הפקולטה ובין השאר גם תיאר את הרכב הסגל ומספר הסטודנטים והסטודנטיות לתואר ראשון ולתארים נוספים. היתה זו הפתעה להיווכח כי מספר הסטודנטים בפקולטה היום הוא כ-1,700, ואילו בשנת 1961 היו בה פחות מ-400. הייצוג הנשי, הן בין הסטודנטים והן בסגל גם הוא הפתיע שכן בינינו, בוגרי 1961, לא נמנתה ולו סטודנטית אחת ובמהלך שנות הלימודים כמעט ולא נפגשנו עם נציגות מסגל ההוראה. שתי הרצאות מקצועיות נשאו חברי הסגל, פרופסור איילת טל וד"ר יובל יעיש. ההרצאות לא דיברו רק אל הבוגרים המהנדסים

# ארגון בוגרי הטכניון - הידעת?

**6,000 בוגרים כבר רשומים באתר הבוגרים החדש והאינטראקטיבי, ובו רשת Networking פנימית.** באתר ניתן לחפש ולמצוא זה את זה בקלות וללא מאמץ או תשלום, להתעדכן על אירועים קרובים, לקרוא כתבות ומידע על בוגרים ולשלוח קורות חיים למשרות רלוונטיות לבוגרים המתעדכנות מידי חודש.

בוגר טכניון? מלא את הדף האישי שלך [www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org)

**כ-50 בוגרי טכניון שותפים במיזם Technion Mentors ומקבלים עצה ותמיכה בתחום המקצועי** מבוגרי טכניון ותיקים ומנוסים. בתכנית אנו יוצרים פלטפורמה המאפשרת לבוגרי טכניון המתלבטים בתהליכים שונים בפיתוח הקריירה שלהם להתייעץ עם בוגרים שצברו ידע בתחום. אנחנו ניצור את הקשר בין המנטור לנועץ לפי הצרכים השונים של המנטי וניסיונו של המנטור. הפנייה נעשית דרך אתר בוגרי הטכניון.

**למעלה מ-2,200 בוגרים וידידים השתתפו בסדרת ההרצאות Hi-Technion** בתל אביב ובחיפה ונחשפו למחקר וחידושים פורצי הדרך של חוקרי הטכניון בתחומים השונים. הסדרה הקרובה תיפתח ב-15.11.2011 בטכניון, בהרצאתו של פרופסור פיני גורפיל בנושא **לווינים ורכבי חלל**, וב-29.11.2011 בתל אביב, בהרצאתו של פרופסור שמעון גפשיין בנושא **הנדסה גנטית כבסיס לחקלאות חדשנית**.

**למעלה מ-4,000 בוגרים ובוגרות נהנים משירות email4life** של בוגרי הטכניון, שהינו תא דואר אלקטרוני המזוהה עם בוגרי הטכניון וכולל Anti-VIRUS, Anti-SPAM, אבטחת SSL וגישה מכל מחשב בעולם.

**בוגרי טכניון תרמו לקרן המלגות לסטודנטים בשנת 2010.** המלגות חולקו בחודש מרץ 2011 ל-45 סטודנטים נזקקים ומצטיינים במסגרת אירוע השנתי של בוגרי הטכניון, כל מלגה בסך 10,000 ש"ח.

**14 בוגרי טכניון מתנדבים בעזרה לימודית לבני נוער** בפריפריה החברתית במסגרת פרויקט Technion Leaders. הפעילות החלה בשכונת נווה יוסף בחיפה בחודש מאי 2011, ובקרוב תורחב לעיר נשר.

**ארגון הבוגרים מעניק מדי שנה הטבות שונות,** ממותגות ומותאמות לבוגרי הטכניון בלמעלה מ-80 בתי עסק ברחבי הארץ.

**253 בוגרי טכניון חברים במועדון ה-100** הפועל להשפעה על השיח הציבורי והממשל במטרה לקדם מצינונות, לימודי טכנולוגיה ומדעים ואת הטכניון, כמרכז מדעי טכנולוגי מהטובים בעולם.

**7 אקזיטים של בוגרי טכניון נעשו תחת ליווי של פרויקט TFL - טכניון לחיים,** פרויקט היזמות של ארגון הבוגרים המעניק תמיכה ליזמים בוגרי הטכניון לקידום מיזמים טכנולוגיים משלב הרעיון. הפרויקט פועל לטיפוח והגשמת יזמות, מיזמים ופיתוחים בעלי חדשנות טכנולוגית פרי פיתוחם של בוגרי הטכניון, תוך כדי עיצובם כאנשים מובילים בתעשייה בעלי מחויבות. בתכנית מקבל היזם עזרה בגיבוש המיזם וליווי צמוד של מנטור בוגר טכניון, מנוסה בתחום.

**לפרטים נוספים על פעילות ארגון הבוגרים, הרשמה להרצאות ולפרויקטים היכנסו לאתר בוגרי הטכניון: [www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org) ומלאו את דף הבוגר האישי! ארגון הבוגרים עם הפנים אליך, ההרשמה פשוטה ואינה כרוכה בתשלום.**

# מדור לדור: תכנית Technion Mentors

תכנית Technion Mentors יצאה לדרך בזכות תרומתו של **יעקב קוטליצקי** - יו"ר ויסוניק, בוגר הפקולטה להנדסת חשמל - המשמש חבר בוועדת ההיגוי של התכנית. **לי-בת נלסון**, בוגרת הפקולטה למדעי המחשב המכהנת כדירקטור פיתוח עסקי באורבוסק, ו**משה מולכו**, בוגר הפקולטה להנדסת מכונות, מהווים שותפים המסייעים בחשיבה ובגיבוש התכנית.

Technion Mentors מתבססת על יצירת קשרי תמיכה, הכוונה וחניכה בסוגיות הקשורות בפיתוח האישי והמקצועי בין בוגרי הטכניון לדורותיהם, תוך שימוש במנטורים כפלטפורמה עיקרית. המנטורים מייצעים ותורמים מידע שצברו, ושיתוף הפעולה בין הבוגרים מפרה ומקדם את הבוגרים הטריים.

בימים אלה צוברת התכנית תאוצה, כאשר שניים-עשר צוותים של מנטורים ונועצים בוגרי הטכניון, ותיקים וצעירים, עובדים יחדיו לקידום ולהעצמה. הזוגות צוותו לאחר בחינת פרמטרים שונים של ניסיון, צרכים ודרישות.

רוב הצמדים נפגשו לפחות פעם אחת וכמוכן ממשיכים להיפגש גם בימים אלו. הפגישות נערכות אחת לחודש במשך שעה עד שעתיים וחצי. בין הפגישות החדשיות משולכות גם התקשרויות נוספות כגון שיחות טלפון, אי-מיילים וסקיפ בין המנטור לנועץ.

נועצים רבים ציינו כי הם מרגישים תחושת בטחון שיש להם עם מי לדבר ולהתייעץ. גם המנטורים הביעו תחושת סיפוק מכך שהם יכולים להעביר הלאה את הידע הרב שצברו במהלך שנים של פעילות ועבודה.

בוגרי טכניון רבים, מנוסים ובעלי ידע, התנדבו לפרויקט על מנת לשמש מנטורים לבוגרים צעירים. ביניהם יניב מזור, בוגר הפקולטה להנדסת חשמל ומדעי המחשב. יניב מתגורר בניו יורק ומעניק שירותי מנטורינג לשגיא גליקסמן, בוגר הפקולטה להנדסת חומרים ופיזיקה. הייעוץ מתבצע באמצעות טלפון והסקיפ.

ארגון הבוגרים מאחל לכם הצלחה, פריחה והעצמה בהמשך פעילותכם. כמו כן, אנו קוראים לבוגרים נוספים, מנטורים ונועצים להירשם באתר האינטרנט:

[www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org)

# ירידה תלולה? יש פתרון!

## מיזם TFL של בוגר הטכניון זכה בתחרות "ביזטק" הארצית



▲ מימין לשמאל: איליה מונס, ליאור פדרמן וכן פדרמן

מאת נעה הכהן

### תוכלו לספר מעט על ההשתתפות בתחרות ביזטק?

חשבנו להשתתף בתחרות שנה שעברה, אך עדיין לא הרגשנו בשלים והיינו רחוקים מהפנט. בדיעבד טוב שניגשנו השנה. למדנו שיש צורך להשתפשף בתחום לפני התחרות. כדאי להציג מצגות ולשמוע אחרים שכבר עשו את זה. ההשתתפות בפועל מעניקה לוחות זמנים ודרישות ברורות, וזה מציב אותך במדרגה חדשה ונותן את העיצוב מהפן העסקי של הרעיון. בהזדמנות זו אנו רוצים להודות לביזטק ולמרכז היזמות בטכניון, שעזרו לנו לאורך כל הדרך.

### מיהו קהל היעד שלכם?

קהל היעד שלנו העיקרי שלנו הוא מוסדות, ואנו פונים גם לשוק הפרטי. כרגע אנחנו בשלב של חיפוש משקיע ומנהל שיווק. המטרה שלנו היא שהמוצר יהיה אביזר בטיחות בסיסי, וייתחסו אליו כפי שמתייחסים כיום לחגורה לכיסא.

### יש לכם טיפ ליזמים בתחילת דרכם?

ליזמים צעירים הייתי ממליץ לעבוד בצוות, לא לפחד שיגנבו לכם את הרעיון. אם אתם בתהליך רישום פטנט, תתחילו לנוע, להשתתף, להכיר ושיכירו אתכם. והכי חשוב - לשאול שאלות.

בימים אלו אנו שוקדים על פיתוח המוצר, ואני מזמין את קוראי העיתון לבקר באתר האינטרנט שלנו, שם יוכלו לצפות בסרט תדמית, ליצור קשר להשקעה/עבודה ולקרוא עוד על המוצר:

[www.smartwheels2go.com](http://www.smartwheels2go.com)

פרויקט TFL, בראשות ראובן אגסי, פועל משנת 2003 במטרה להעניק תמיכה ליזמים בוגרי טכניון ולקדם מיזמים ופיתוחים בעלי חדשנות טכנולוגית החל משלב הרעיון.

בבסיס הפרויקט עומדת הנחיתם העסקית והמדעית של בוגרי טכניון מובילים בתעשייה המשמשים כמנטורים ומנחים ליזמים הצעירים ומעניקים להם העצמה אישית, ידע, ניסיון וקשרים עסקיים.

בין השירותים שאנו מציעים: סיוע בהכנה ובעיצוב חזון ואסטרטגיה, תמיכה בקבלת החלטות ניהוליות, בהכנת סימולציות למצגת גיוס משקיעים, הכנה לגיוס הון, איתור ומיסוד קשרים עם שותפים אסטרטגיים, ייעוץ משפטי ועוד.

למידע נוסף על הפרויקט:

[www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org)

או בארגון הבוגרים 04-8293710, עמוס מועלם

אחד המיזמים שליווינו השנה במסגרת פרויקט TFL (טכניון לחיים) היה המיזם של בן פדרמן (31), בוגר הטכניון (הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל), אחיו ליאור פדרמן (28), המסיים תואר בראיית חשבון במכללת קרית אונו, ואיליה מונס, גם הוא ממכללת קרית אונו. המיזם, מנגנון מכאני לוויסות מהירות גלגלים הנקרא "Smart Wheels 2Go", לווה על ידי TFL ואף זיכה אותו במקום הראשון בתחרות היזמות הארצית Biztec ועיתון TheMarker.

### ליאור, האם תוכל לספר לנו מעט על הרעיון? מהו המיזם?

הכל התחיל מחלום שלי, כאשר התעוררתי משנת צהריים בבהלה והרגשתי שאני מתדרדר במדרון בתוך עגלת תינוק. לאחר מכן חווינו את הבעיה על בשרנו עם סבתא שלנו ז"ל, בכל פעם שביקרנו אותה בבית האבות. זה היה מאוד בעייתי להוריד אותה בכסא הגלגלים ברמפה כדי לצאת לטיול. פה נכנס לתמונה אחי, בן, כדי לבחון את החלופות ליישום. הרעיון פשוט - הגבלת מהירות הגלגל. המיזם מתבסס על מנגנון המאפשר מספר מהירויות, למשל מהירות הליכה. כאשר העגלה בירידה המנגנון מבצע בלימה עצמית וחוסך מאמץ מהמשתמש וכן פגיעה בגב ובברכיים.

### כיצד נעזרתם בארגון הבוגרים?

בשנה האחרונה קיבלנו ליווי של TFL, והתכנית היתה מצוינת. במסגרת TFL נחשפנו לאנשים בעלי ניסיון בכל האספקטים של היזמות. כאשר אתה נדרש לענות על שאלות, אתה נחשף לנקודות מבט שונות, מקבל עצות ונפתחים לך אופקים חדשים.

טכניון לחיים הוא כמו משפחה, אבל מקצועית. עוטים אותך באהבה מקצועית, כמו הורים טובים, ומראים לך את הדרך.

### מיהו המנטור שהוצמד לכם על ידי הפרויקט ואיך נעזרתם בו?

המנטור שהוצמד לנו הוא גד סמל, מנכ"ל גד הנדסה, מהנדס בכיר ובוגר הנדסת מכונות, והיה בינינו קליק מההתחלה. הגענו אליו עם אבטיפוס ראשוני ומיד קיבלנו עזרה והבהרות לשלבים הבאים. סייעה לנו במיוחד האוזן הקשבת של שירה צלנר, מנהלת פרויקט TFL ובוגרת הפקולטה להנדסת חשמל בטכניון. שירה העניקה הרבה מהניסיון העשיר שלה בתעשייה ובפיתוח מוצרים, וידעה להפנות אותנו למומחה אד הוק או להצמיד אותנו למנחה קבוע.

### בן, כיצד השפיעו הלימודים בטכניון על יכולת ההתמודדות שלך עם המיזם?

סיימתי הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, אבל לדעתי לא משנה הפקולטה אלא המוסד. היום אני באמת יכול להגיד שהטכניון נותן לך משהו מעבר - משהו בחשיבה, בהסתכלות, בגישה לאתגרים.



▲ הבוגר משה מחנאי וארטום  
▼ הבוגרת נאוה איזיקוביץ וביאטריס



את אשתו חווה, מורה במקצועה. חווה ואפרים מביעים סיפוק רב מההתנדבות. אפרים מלמד את אברהם, תלמיד בן העדה האתיופית, אנגלית ומתמטיקה, וחווה מלמדת וחונכת את דניאל בתחום המקצועות ההומניים.

גם משה מחנאי, בוגר הפקולטה להנדסת מכונות, רואה בהתנדבות לא רק תפקיד של מורה פרטי או חונך אלא אח בוגר לארטום. משה מלמד את ארטום מתמטיקה ועברית באמצעות תשבצים ומשחקים. יחדיו הם ביקרו באוניברסיטת חיפה ומתכננים ביקור בתחנת הכוח, מקום עבודתו של משה.

משה רואה בפרויקט שליחות ופועל מתוך אידיאולוגיה של "פעם מתנדב תמיד מתנדב, ואם מאפשרים לנו לתרום ולעשות אז כמובן שנעשה."

**אם גם אתם בוגרי טכניון שמרגישים שבוחר בעצמותיכם להתנדב ולתרום לילדים ובני נוער ולתמוך בהם, הצטרפו ל-Technion Leaders. שלחו את פרטיכם דרך אתר האינטרנט:**

[www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org)

או במייל:

[mentors@alumni.technion.ac.il](mailto:mentors@alumni.technion.ac.il)

להדר חוגי, מרכזת התכנית.

# הרווח של כולנו: תכנית

## Technion Leaders

Technion Leaders הינה תכנית חברתית של ארגון בוגרי הטכניון. בימים אלו מפעילה התכנית שנים-עשר מתנדבים, בוגרי טכניון, כחונכים לילדים ובני נוער במתנ"ס נווה יוסף בחיפה. הבוגרים עוזרים לחניכים הן בלימודים והן מבחינה אישית, ומהווים מודל לחיקוי והצלחה.

נאוה איזיקוביץ', בוגרת הפקולטה למדעי המחשב, חונכת את ביאטריס, תלמידה העולה לכיתה ח', במקצועות המתמטיקה ואנגלית. נאוה מקפידה להכין מראש את השיעור שתעביר ואף נפגשת עם המחנכת של ביאטריס כדי לקבל טיפים ועצות. בנוסף לשיעורי המתמטיקה והאנגלית משוחחות נאוה וביאטריס גם על נושאים מגוונים אחרים, וניכר כי שתיהן מרוויחות מהמפגשים המשותפים.

ד"ר אפרים דביר, בוגר הפקולטה לרפואה, לא היסס לרגע כשקרא את מודעת טכניון לידרס, ומיד נרתם להתנדבות ואף צירף לפרויקט

## שלוש קבוצות טכניוניות כיכבו בתחרות "ביזטק"

שפיתחו את RotorAid - מערכת המאפשרת להנחית בשלום מסוק שספג פגיעה משמעותית במערכת הייצוב.

בתחום המיכשור הרפואי זכתה נעמה גורדון (בוגרת הפקולטה להנדסה ביו-רפואית בטכניון). FlowMed, המכשיר שהציגה גורדון בתחרות נועד למדידה לא פולשנית של זרימת דם.

בציון לשבח זכה פרויקט של סטודנטים מהודו, ביניהם דוד יעקב ואשתו פורטנה, הלומדת בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון. יעקב, שהוביל את הקבוצה, עלה לארץ לפני תשע שנים, לאחר שהשלים בהודו שני תארים בכימיה ועבד שם ככור גרעיני. הוא עשה תואר שני (MBA) בטכניון, והמשיך לתואר שלישי ולפוסט-דוקטורט באוניברסיטת בר-אילן. הפרויקט שהציגה הקבוצה מאפשר להפוך שאריות טקסטיל לגרפיט, המשמש במעגלים חשמליים, במסנני מים ואוויר ועוד. החברה שבראשה עומד יעקב, IsraZion, עוסקת בפיתוח של מבנים ננו-מטריים לשימושים שונים, כגון הגברת יעילותן של סוללות ליתיום.

השנה ניהל את התחרות אופיר מרקו, סטודנט לפיזיקה בטכניון. בארגון התחרות השתתפו גם מיכאל צרקסקי, גיא גוטפרב, יעקב שפירא ויאיר סלובטיצקי, כולם סטודנטים בטכניון, אסף גז מאוניברסיטת חיפה, ויניב רג'ניאנו מאוניברסיטת תל אביב.

## יזמי העתיד

בחודש יוני הסתיימה תחרות היזמות BizTEC, הנערכת על ידי הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון, בהשתתפות האוניברסיטאות והמכללות המובילות בישראל. את הפרסים בתחרות, בשווי כולל של 150,000 ש"ח, מעניקה חברת קומטאץ' לזכרו של מייסד החברה נחום שרפמן ואשתו נאוה, שנספו בתאונה טרגית בשמי יוון.

### שלושת הזוכים

במקום הראשון זכתה כאמור Smart Wheels 2Go.

בפרס על מיזם בתחום הבטחוני זכו מור רם-און ואיתי אור (הפקולטה להנדסת חשמל בטכניון)

# בואו לשמוע היום על מה שכולם ידברו מחר



## Hi-Technion11

סדרת הרצאות מפי מיטב החוקרים | **בחסות נשיא הטכניון**

הטכניון מזמין אתכם להשתתף בסדרת הרצאות שתחשוף בפניכם חידושים ומחקרים פורצי דרך, מפי מיטב חוקרי הטכניון

**בתל אביב - מוזיאון ארץ ישראל, ימי ג' 19:30**

**בחיפה - הטכניון, מרכז המבקרים ע"ש קולר, ימי ג' 19:30**

פרופ' שמעון גפשטיין, הפקולטה לביולוגיה	מהמעבדה לשדה - הנדסה גנטית כבסיס לחקלאות חדשנית	29.11.2011
פרופ' אייל שמעוני, הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון	מזון בראשית המאה ה-21 - הרבה יותר מאוכל	10.1.2012
פרופ' דורון מלמד, הפקולטה לרפואה	מערכת החיסון המזדקנת - האם יש דרך חזרה?	14.2.2012
פרופ' יהודית אהרון פרץ, הפקולטה לרפואה	מה משותף לבולרו של רוול ולשיטיון (דמנציה)?	13.3.2012
פרופ' אהוד בכר, הפקולטה לפיזיקה	אסטרופיזיקה - בקרני רנטגן מהחלל	15.5.2012
פרופ' ענת רפאלי, הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול	רגשות בעבודה ורגשות בארגונים - בין כעס למעש	12.6.2012

פרופ' פיני גורפיל, הפקולטה להנדסת איירונוטיקה וחלל	לווינים ורכבי חלל - חידושים בהנדסת חלל	15.11.2011
פרופ' נח גליל, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית	נקודות ציון במחקר ופיתוח טכנולוגיות מים בטכניון	6.12.2011
פרופ' משה טננהולץ, הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול	פרסום מקוון - החמצן של האינטרנט	24.1.2012
פרופ' יורם רייטר, הפקולטה לביולוגיה	טילים מונחים ופצצות מתקתקות - כיצד ניתן להנדס את מערכת החיסון האנושית לתרופות חדשניות	28.2.2012
ד"ר דבי לינדל, הפקולטה לביולוגיה	אבולוציה בזוגות - יחסי גומלין בין וירוסים וחיידקים	27.3.2012
פרופ' אלון גני, הפקולטה להנדסת איירונוטיקה וחלל	מבער אחורי להאצת כלי שיט - שיטה חדשנית להנעה ימית	29.5.2012

הנחה לבוגרי הטכניון בעלי דף אישי באתר  
[www.technion-alumni.org](http://www.technion-alumni.org)

ארגון בוגרי הטכניון, בניין קנדה קומה 2, קריית הטכניון, חיפה  
 טל: 04-8293710 | פקס: 04-8293777

