

דבר העורך

עורך:
ד"ר אהרון שחר

חברי המערכת:
פרופ' אורית חזן
ד"ר אהרון שחר

יועצת אקדמית של
המרכז: פרופ' איילת
פישמן

מזכירת המערכת:
ויקה קוקבין

כתובת המערכת:
מור-טק מרכז
המורים הארצי
למקצועות
הטכנולוגיים-
מדעיים
הפקולטה לחינוך
למדע וטכנולוגיה
קרית הטכניון
חיפה 32000

moretech@technion.ac.il

המציאות הנוכחית, בה אנו עדים לדינמיות והתפתחויות טכנולוגיות מהירות, מנחות את מערכת החינוך בכלל ואת מערכת החינוך הטכנולוגי בפרט להתאים את עצמן. הכנת התלמידים לשינויים מזמנת למעצבי החינוך ולמורים הזדמנויות חדשות. השינויים מתרחשים בנושאים המשותפים לכל המגמות הטכנולוגיות, ובמיוחד למגמות מרכז המורים מור-טק: אלקטרוניקה, ביוטכנולוגיה, מדעית הנדסית ומכונות.

בהתאם, מרכז המורים מדגיש השנה פעילויות חוצות מגמות, כמו למשל, עתידנות בהיבט של החינוך הטכנולוגי, ותקשורת המדע והטכנולוגיה. נושאים אלו הוטמעו בהשתלמות שהתקיימה במסגרת המרכז שהתמקדה בהעצמה וטיפול לימוד סביב פרויקטים רב תחומיים ובין תחומיים.

בגיליון הנוכחי נציג שלושה מאמרים על הוראת מקצוע טכנולוגי. המאמר הראשון מתייחס לתוכנית הלימודים ומציג מחקר על הגברת העניין של התלמידים בקורס בסיסי בהנדסת חשמל באמצעות שילוב דוגמאות מ"העולם האמיתי". המאמר השני מציג מחקר שנעשה בקרב תלמידים שלמדו בגישת STEM את הנושא קול, גלים ומערכות תקשורת. במאמר מוצגים נתונים ומסקנות לגבי ההישגים והמוטיבציה של תלמידים ללמוד נושא מדעי-טכנולוגי. מאמר נוסף מציג מחקר שעיקרו ניתוח סיבות לכישלון של תלמידים להנדסת חשמל ואלקטרוניקה בלימודי פיסיקה.

בהמשך נסקור את פעילות המרכז בנושא חוצה מגמות, בין השאר באמצעות מאמרן של ד"ר ענת אבן זהב ופרופ' אורית חזן בנושא הסיכונים האסטרטגיים של החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל וכיצד ניתן לטפל בהם.

בסוף, נקנח ברשמים מהכנס הארצי למורים הטכנולוגיים במגמת אלקטרוניקה וחשמל שהשנה הרחיב את היריעה לנושאים בין תחומיים בטכניון.

קריאה מהנה,

ד"ר אהרון שחר

3-9	.....	נגיעות מפיתוחים מחקרניים-הנדסיים בטכניון ובאוניברסיטת בן גוריון בשנת 2016
10-14	.....	הגברת העניין של סטודנטים בקורס בסיסי בהנדסת חשמל באמצעות שילוב דוגמאות מ"העולם האמיתי" אהרון גרו, ינון סתיו, נתנאל יאמין
15-24	.....	קול, גלים ומערכות תקשורת: הישגים ומוטיבציה של תלמידים בלימוד נושא מדעי- טכנולוגי בגישת STEM נאיף עוואד, משה ברק
25-31	.....	ניתוח סיבות לכישלון סטודנטים להנדסת חשמל ואלקטרוניקה בלימודי פיסיקה ומ' ניסים סבאג, אלי רז
32-33	.....	פעילות חוצה מגמות טכנולוגיות במסגרת מרכז המורים "מורטק"
34-39	.....	מהם הסיכונים האסטרטגיים של החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל? וכיצד נטפל בהם? / ענת אבן זהב
40-41	.....	רשמים מהכנס הארצי של מורי מגמות אלקטרוניקה וחשמל
42-44	.....	אודות "מורטק" – מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגים מדעיים
45-46	.....	משוב

נגיעות מפיתוחי חוקרי ההנדסה בטכניון ובאוניברסיטת בן גוריון בשנת 2016

הטכניון

הדמיה בשידור חי

במעבדה של פרופ' יונינה אלדר בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון פותחה גישה חדשנית לבדיקות אולטרסאונד. מדובר במתמר (probe) משוכלל, המבטל את הצורך במכשירי האולטרסאונד הגדולים המוכרים לנו מהמרפאות ומבתי החולים. המתמר רוכש את המידע הרלוונטי בלבד, כדי שהסריקות שיתקבלו במכשיר הממוזער יוכלו לעבור דרך "ענן" לסמארטפון (או לטאבלט) של הרופא המטפל. ד"ר שי ירדן טיימן, קרדיולוג מבית החולים שיבא, מסביר כי במקרה של פצועים בשטח, למשל, יספק הפיתוח "מידע בזמן אמת לרופא שאינו נמצא בשטח, ויאפשר לו להנחות את הפראמדיק שנמצא במקום. פיתוח זה יאפשר לטפל מרחוק גם בחולים בארצות מתפתחות בהנחיה של רופאים ישראלים." הדמיית אולטרסאונד היא אחת הבדיקות הנפוצות בעולם הרפואה. יתרונותיה: היא אינה פולשנית, אינה כרוכה בחשיפה לקרינה מייננת, אין בה סיכון ועלותה נמוכה יחסית. בדיקת האולטרסאונד מבוססת על גלי קול בתדר גבוה שאיננו יכולים לשמוע, ומכאן שמה העברי: "דמות על-שמעית". במהלך הבדיקה מוצמד לגופו של הנבדק מתמר המשדר גלי קול, ועל פי דפוס הגלים המוחזרים נבנית תמונה של אברי הגוף הנסרקים. טכנולוגיה זו משמשת

במגוון רחב של בדיקות רפואיות חשובות, ובהן הערכה של מצב העובר ברחם, בדיקת מוחו של

התינוק דרך המרפס (הרווח בין עצמות הגולגולת), אבחון איברים פנימיים, הערכה של זרימת הדם, אבחון בלוטת התריס, בדיקת לב ואיתור גידולים ודלקות. בנוהל הקיים כיום מבוצעת הבדיקה במרפאות ובבתי חולים על ידי מתמר המחובר למכשיר אולטרסאונד גדול, מסורבל ויקר. ממצאי הבדיקה נאספים במחשב ומפוענחים על ידי רופא רדיולוג השולח את האבחון לרופא המטפל (רופא המשפחה, בדרך כלל). תהליך זה אורך כמה ימים תמימים, העשויים להיות קריטיים במקרים מסוימים. העלאת תוצאות הבדיקה ל"ענן", שבאמצעותו יכול הרופא המטפל לצפות בממצאים מהמכשיר הנייד שלו, עשויה לחסוך זמן רב, אולם עד כה נמנע הדבר בשל נפח המידע הנצבר בכל בדיקת אולטרסאונד. כמו כן, קצב רכישת המידע הגבוה במכשיר מצריך חיבור של המתמר למכשיר בכבל כבד ועבה. החדשות הטובות הן שבמעבדת SAMPL, בראשותה של פרופ' יונינה אלדר מפקולטה להנדסת חשמל בטכניון, פותחה מערכת המשנה באופן דרמטי את אופיין של בדיקות האולטרסאונד.

(באדיבות דובר הטכניון)

שיטה חדשה לדחיסת גלי אור

חוקרים בטכניון פיתחו טכנולוגיה לדחיסת גלי אור באופן המאפשר למקד את האור לאלומה בממדים ננו-מטריים. דימות רפואי וביולוגי, ננו-ליתוגרפיה (הדפסת רכיבים אלקטרוניים זעירים) ויישומים של "מעבדה על שבב" – אלה כמה מהתחומים

היישומיים שפיתוחם תלוי במיקוד מדויק של אור. הבעיה היא שמיקוד האור לנקודות זעירות, שגודלן עשרות ננומטרים, מוגבל ע"י "גבול הדיפרקציה" - מונח שטבע הפיזיקאי הגרמני ארנסט קרל אַבֶּה. אבה גילה כי מיקוד האור (באלומת אור) והרזולוציה של מיקרוסקופ מוגבלים למחצית מאורך הגל של האור. מהגדרת "גבול הדיפרקציה" עולה כי ככל שנקטין את אורך הגל, הרזולוציה שנקבל תהיה גבוהה יותר. כעת, קבוצת חוקרים בראשות פרופ' גיא ברטל מהפקולטה להנדסת חשמל בטכניון פיתחה פלטפורמה חדשה ה"דוחסת את הגל" ומקצרת אותו לרבע מאורכו וזאת מבלי לשנות את התדר שלו (ה"צבע"). במילים אחרות, פרופ' ברטל ועמיתיו הצליחו "לדחוף" את גבול הדיפרקציה (העקיפה) באמצעות קיצור הגל. הפלטפורמה, המורכבת מצורן (סיליקון), צורן דו חמצני ומתכת, תוכל לשפר את כושר ההפרדה של מיקרוסקופים ותאפשר דימות הן של תהליכים תוך-תאיים והן של טרנזיסטור בודד תוך כדי הייצור. "מיקוד אור למימדים כאלו כבר הושג בעבר באור נראה, אבל רק בסיוע תבניות מורכבות כמו ננו-אנטנות," מסביר פרופ' ברטל.

(באדיבות דובר הטכניון)

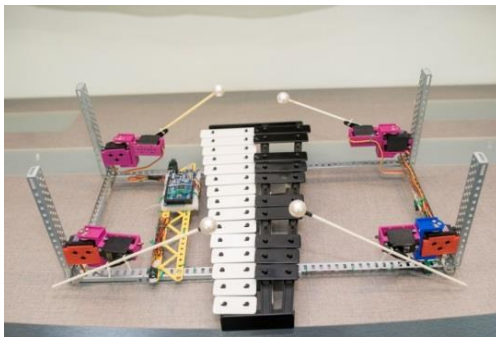
המזרק שלא יפחיד ילדים

החשש ממחט המזרק, המשותף לילדים צעירים בכל העולם, מקבל מענה בפיתוח מקורי של סטודנטים בטכניון. קבוצת הסטודנטים EZTEST פיתחה את הטכנולוגיה החדשנית במסגרת מרתון היזמות 3 Day Startup שהתקיים ב-

MED²E מרכז המצוינות של הפקולטות לרפואה והנדסה ביורפואית - בטכניון - ואף זכתה במקום הראשון במרתון. מדובר במנגנון שהוא מעין "קליפס" גדול שהילד יכול להכניס לתוכו את האצבע לטובת בדיקת הדם. רועי קליין, ראש הקבוצה וסטודנט השנה הרביעית בפקולטה להנדסה ביורפואית בטכניון, מסביר כי הקליפס מסתיר בתוכו מחט מיניאטורית דקיקה. הקליפס מקל על הילד, מסתיר ממנו את הדם וצפוי לקצר משמעותית את משך הבדיקה. מרתון היזמות שהתקיים בטכניון זו השנה השלישית בתמיכת שתי הפקולטות וחברת אינטל נמשך שלושה ימים אינטנסיביים, בהשתתפות יותר מ-20 מנטורים ובהם בכירים בחברות טכנולוגיות, מנהלי מחלקות בבתי חולים, מנהלי חממות, עורכי דין בתחום הפטנטים ונציגי קרנות הון סיכון (תמונה 1). את התחרות ארגנו הסטודנטים יובל ברק-קורן ובר רינות מהפקולטה לרפואה יחד עם תום מייבלום, סטודנט לתואר שני מהפקולטה להנדסה ביורפואית. לדברי מייבלום, "המרתון הוא הזדמנות ייחודית לסטודנטים לחוות את השוק ולהציע פתרון בתחום הרפואי, אותו הם מפתחים תחת הליווי המקצועי ביותר." לארוע נרשמו 130 סטודנטים מכל הפקולטות בטכניון. לאחר תהליך של ראיונות וסינון הורכבו 9 קבוצות, שכל אחת מהן החלה לפתח רעיון מאפס וסיימה את המרתון בפרזנטציה מקצועית של 7 דקות בפני 7 שופטים: דיקן הפקולטה לרפואה פרופ' אליעזר שלו, דיקן הפקולטה להנדסה ביורפואית פרופ' אמיר לנדסברג, חתן פרס ישראל עוזיה גליל, היזם הסדרתי רון פרבר מחברת WellSense, מנהלת מחוז חיפה והגליל

התקווה הרובוטית

ספק אם המשורר נפתלי הרץ אימבר שחיבר בסוף המאה ה-19 את "התקווה", לימים ההמנון הלאומי של מדינת ישראל, חלם אי פעם שקסילופון רובוטי שבנו סטודנטים בטכניון ינגן את ההמנון הלאומי לכבוד יום העצמאות ה-68 למדינת ישראל. אלי זליאנסקי (27) ואיגור קנטור (28), סטודנטים לתואר ראשון מהפקולטה להנדסת חשמל בטכניון, בנו במסגרת פרויקט הגמר ללימודיהם מערכת זרועות רובוטית לנגינה על קסילופון (תמונה 2).



תמונה 2: הקסילופון הרובוטי במעבדה. (צילום: דובר הטכניון)

המערכת כוללת שמונה מנועים המנגנים באופן מתוזמן שירים לפי בחירה, תוך שימוש בקבצי MIDI, המכילים בתוכם מידע על התווים. "על סמך רעיון שהוצג לנו במעבדה לבקרה רובוטית ולמידה חישובית בפקולטה בנינו מערכת של זרועות רובוטיות, שתנגן באופן עצמאי על קסילופון", סיפר אלי. "לכבוד יום העצמאות ה-68 למדינה החלטנו ללמד את הרובוט את ההמנון הלאומי, ואין לנו ספק שזה הרובוט הראשון שמנגן את 'התקווה'." "לא ציפינו שהעבודה על המערכת ובניית הרובוט תארך כל כך הרבה זמן", מוסיף איגור. "במשך חצי שנה עבדנו על הבנייה,

של שירותי בריאות כללית פרופ' חן שפירא, יזמית הביוטק ד"ר דליה מגידו ויו"ר הוועד המנהל של הטכניון גדעון פרנק (תמונה 1).



תמונה 1: הסטודנטים המשתתפים במרתון היזמות עם חבר השופטים. (צילום: דובר הטכניון)

למקום השני במרתון היזמות הגיעה קבוצת FACEIT, שפיתחה מסכת הנשמה מותאמת-אישית הפותרת בעיה מוכרת של דליפת אוויר. בעיה זו נפוצה יחסית בקרב מטופלים בעלי לסת קטנה, ילדים ותינוקות, קשישים ואנשים חסרי שיניים. המסכה החדשה, שתורכב מפולימר ויסקו אלסטי, מכילה ג'ל נוזלי המשנה את צורתו בעת הפעלת לחץ והופך לג'ל קשיח. שתי הקבוצות שזכו במקומות הראשון והשני ישתתפו בתחרות היזמות הטכנולוגית הארצית לסטודנטים BizTec של מרכז ברונצה ליזמות בטכניון. אל המקום השלישי בתחרות הגיעה קבוצת SerVx שפיתחה בדיקה חשמלית ממוחשבת של רמת הפתיחה של צוואר הרחם לקראת לידה. מדובר בבדיקה העשויה להחליף את הבדיקה הגינקולוגית הידנית והמעיקה, הנהוגה כיום כדי לקבוע כמה קרובה הלידה.

(באדיבות דובר הטכניון)

הרדאר הפוטוני

כתב העת Science מדווח על טכנולוגיה חדשה שפיתחה קבוצת המחקר של פרופ' ארז חסמן מהפקולטה להנדסת מכונות ומכון ראסל ברי לננו-טכנולוגיה בטכניון. טכנולוגיה זו מאפשרת דחיסה של עשרות עדשות על משטח ננומטרי. יישומים אפשריים: פיתוח ובדיקה של רכיבי מזון ותרופות, חיבורי תקשורת ואותות תקשורת, שיגור אלומות אור למקומות הנדרשים, פיצול האור בקצה של סיב אופטי, חיבור של כמה אלומות אור, משקפי ראייה מולטיפוקליים ברמת דיוק חסרת תקדים, והתקנים למחשוב קוונטי. "מקור ההשראה שלנו", מסביר פרופ' חסמן, "הוא הרדאר הרגיל, המבוסס על פריסה של אנטנות שמשדרות וקולטות חזיתות-גל שונות. האתגר במעבר מרדאר של גלי רדיו לרדאר אופטי קשור בעובדה שכאן מדובר באורכי גל קצרים הרבה יותר – באזור 0.5 מיקרון - ואורך האנטנה חייב להיות קטן מאורך הגל. "המחקר בוצע על ידי קבוצת המחקר לננו-אופטיקה בראשותו של פרופ' חסמן, שבה משתתפים תלמידי המחקר אלחנן מגיד, איגור יולביץ', דקל וקסלר והחוקר ד"ר ולדימיר קליינר, בשיתוף פרופ' מרק ברונגרסמה מאוניברסיטת סטנפורד. הקבוצה הראתה שבעזרת ערבוב מרחבי של אנטנות שונות ניתן לייצר חזיתות גל רבות ממפתח אופטי משותף. "הגישה שפיתחנו צפויה לחולל מהפכת פונקציונליות באופטיקה", מסביר פרופ' חסמן, "והיא מבוססת על שילוב בין קונספט המפתח המשותף למטא-משטחים (Meta-Surfaces) - תחום שפיתחתי כבר בשנת 2001". השילוב הזה סולל דרך ליישום של

החיווט והתכנות. השתמשנו במנועים ובתושבות קיימות וסביב זה בנינו את הכל. המאמץ הגדול היה לבנות את המערכת עצמה - קונסטרוקציה שתחזיק מעמד ולא תתפרק. צריך היה לקחת את קובץ המוסיקה ולתרגם אותו לתנועות של הרובוט. תכנת MATLAB ממירה את הקובץ ומעבירה בעזרת בקר הארדואינו את הנחיות התנועה למנועים. המשתמש יבחר שיר לנגינה והתכנה תמיר את קובץ ה-MIDI הנבחר לרצף של תווים מתוזמנים ותתחיל לנגן את השיר המבוקש. "לדברי אלי, "שמונה מנועי סרבו מניעים את ארבעת המקלות - שני מנועים לכל מקל. כל מקל יכול לנוע שמאלה וימינה ואז להקיש על הקסילפון. יש לי רקע במוסיקה שסייע לי להבין איך לעבוד עם תוים וסאונד". קובי כוחיי, ראש המעבדה לבקרה, רובטיקה ולמידה חישובית בפקולטה להנדסת חשמל, הנחה את הסטודנטים בפרויקט. "מבחינתנו בפקולטה, התהליך שהסטודנטים עוברים כדי לבנות את עצמם מבחינה מקצועית הוא הדבר המשמעותי, ולא דווקא המוצר הסופי. במהלך הקורס נדרשים הסטודנטים לחקור לעומק טכנולוגיות חדשות, והם נחשפים ליזמות ולפיתוח מוצר. "הקסילופון מוגבל ל-25 צלילים ולשלוש אוקטבות. לדברי איגור, הרובוט יודע לנגן גם את נעימת הפתיחה של הסדרה "משחקי הכס" ואת מוסיקת הרקע של משחק המחשב "מריו".

(באדיבות דובר הטכניון)

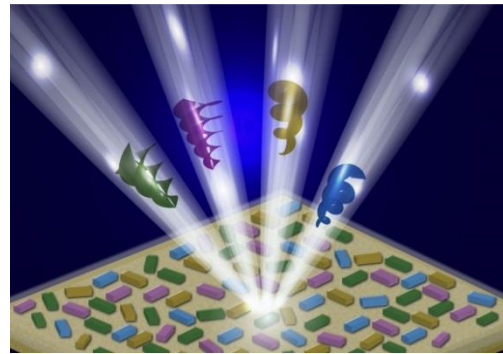
כלומר התנע הזוויתי הפנימי, הוא תכונה של חלקיק האור המתארת את כיוון הסחרור של הפוטון. החוקרים ניצלו תכונות אלו ופיתחו רכיב אשר מסוגל למדוד את אורך הגל וקיטוב האור בו זמנית, במדידה אחת. זהו למעשה ספקטרו-פולרימטר בגודל של כ-50 מיקרון, המאפשר את שילובו במערכות דיאגנוסטיקה קטנות ומתקדמות ברפואה ובתחומים אחרים.

(באדיבות דובר הטכניון)

שיפור דרמטי ביעילותם של תאים סולאריים

פרופ' ניר טסלר מהטכניון פיתח טכנולוגיה חדשנית המשפרת בכ-50% את נצילותם של תאים פוטו-וולטאיים אורגניים. הטכנולוגיה נרשמה כפטנט. תאים פוטו-וולטאיים אורגניים ממירים אנרגיית שמש לזרם חשמלי באמצעות מולקולות אורגניות, ואחד מיתרונותיהם על פני התאים הימסורתיים העשויים סיליקון הוא האפשרות להתקין אותם על יריעות גמישות. יריעות אלה נפרשות על גגות ומבנים, והמרת האנרגיה מתרחשת בתוכן. למרות יתרונותיהם של התאים האורגניים, פוטנציאל ההמרה שלהם אינו מגיע לידי מיצוי מלא. "במחקר הנוכחי שהתפרסם לאחרונה במגזין " *Journal of Applied Physics* " גילינו שנצילות של תא פוטו-וולטאי אורגני ותפוקת החשמל שלו מוגבלות על ידי היבטים מבניים," מסביר פרופ' טסלר, חבר סגל בפקולטה להנדסת חשמל וראש המרכז לננו-אלקטרוניקה ע"ש שרה ומשה זיסאפל

רכיבים מולטי-פונקציונליים, כלומר רכיבים המסוגלים לבצע מספר פעולות בו זמנית, ולמעשה לסוגים חדשים של רכיבים אופטיים. "מטא-משטחים הם אלמנטים אופטיים דקים, כמאית מעובי השערה, שעליהם פרושות אנטנות זעירות (ננו-אנטנות). מיקומן וכיוונן של האנטנות קובע את תכונותיהם של הרכיבים האופטיים הזעירים, ולכן השליטה המדויקת בפריסת האנטנות חיונית לביצועי ההתקן. הקבוצה יישמה טכניקות ליצירת מערכי ננו-אנטנות במטרה להשיג ריבוי חזיתות גל מיוחדות, כגון אלומות אור בעלות תנע זוויתי (איור 1).



איור 1: הדגמה סכמתית של אלומות אור שונות, בעלות תנע-זוויתי, הבוקעות ממערכי ננו-אנטנות. (צילום: דובר הטכניון)

הישג זה שימש למדידה סימולטנית של הספקטרום והקיטוב של האור, המאפשר ניתוח ספקטרו-פולרימטרי משולב בשבב. במאמר ב-*Science*, שנבחר לפרסום מוקדם על ידי העורכים, מוצגות שיטות שונות ליישום של מולטי-פונקציונליות במטא-משטחים. הסידור הייחודי של הננו-אנטנות מאפשר לחוקרים למקד קרני אור ולהסיט אותן לכיוונים המבוקשים תוך שליטה בדרגת הסחרור (ספין) של הפוטון. הספין,

בטכניון. "הוכחנו שהמגבלות אינן קשורות בחומר אלא במבנה, ובעקבות זאת פיתחנו מעין תוספת למערכות הקיימות, המשפרת את נצילות המרת אנרגיית השמש להספק חשמלי בתא מ-10% ל-15% ומוסיפה למתח התא 0.2 וולט. "הפיתוח האמור מבוסס על הגדלת פער האנרגיה בין האלקטרודות באמצעות שינוי מיקום הקיבוע שלהן במערכת. התוצאה: המתח גדל, ובעקבותיו ההספק של המערכת. "השיפור הזה משמעותי מאוד לתעשייה הרלוונטית, והוא הושג בזכות העובדה שבזמן שרוב החוקרים בתחום מתמקדים בפיתוח חומרים חדשים, אנחנו התמקדנו בשינוי מבני של ההתקן. זה נראה כאילו מתחנו את חוקי הפיזיקה בעזרת ההנדסה.

(באדיבות דובר הטכניון)

אוניברסיטת בן גוריון

איך לווטת את הרגשות בעזרת אימון ממוחשב?

חוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב ומאוניברסיטת חיפה הראו שאימון ממוחשב בן שישה ימים יכול להפחית פעילות מוחית שמעוררות תמונות לא נעימות ולחזק את מעגלי המוח האחראים על ויסות רגשות. האם אי פעם הרגשת "רגיש" מדי וקיווית שתוכל לשנות את המוח שלך ולהיות מושפע פחות מאירועים שליליים? מחקר חדש מציע אפשרות להרגיע את החלק הרגשי במוח. את המחקר, שפורסם לאחרונה בכתב העת NeuroImage, הובילה ד"ר נוגה כהן כחלק מעבודת הדוקטורט שלה באוניברסיטת בן-גוריון בנגב, בהנחייתו של פרופ' אבישי הניק ובשיתוף פעולה עם ד"ר הדס אוקון-זינגר

מאוניברסיטת חיפה ועם מכון מקס פלאנק בלייפציג, גרמניה. החוקרים גילו שמיטת אימון פשוטה במחשב, המערבת התעלמות ממידע לא רלוונטי, יכולה לשנות את החיווט במוח ולגרום לו להגיב פחות לתמונות לא נעימות. שינויים אלו מלווים בחיזוק חיבורים עצביים באזורים במוח המעורבים בשליטה בתגובות רגשיות. זוהי ההדגמה הראשונה לכך שאימונים לא-רגשיים יכולים לשנות את התגובות הרגשיות של המוח.

26 מתנדבים בריאים עברו סריקות מוח במהלך המחקר, לפני האימון הממוחשב ואחריו. האימון כלל משימה פשוטה שהנבדקים חזרו עליה שלוש פעמים ביום, כל פעם כ-15 דקות, במשך שישה ימים. במהלך האימון, המשתתפים התבקשו לזהות אם חץ מרכזי מצביע לימין או לשמאל, תוך התעלמות מהכיוון של חיצים הסמוכים אליו משני הצדדים. החץ המרכזי יכול להצביע לאותו כיוון של החצים הסמוכים (←←←←← או →→→→→) או לכיוון המנוגד (→→←←← או ←←←←←).

חצי מהמשתתפים עברו אימון אינטנסיבי שבו 80% מהצעדים היו בלתי מתאימים, כלומר החצים מסיחי הדעת היו מכוונים לכיוון המנוגד לזה של החץ המרכזי. המשתתפים האחרים השלימו גרסת בקרה קלה יותר של האימון, שבה רק ב-20% מהצעדים כללו חצים בכיוונים מנוגדים. לפני האימון ואחריו, הנבדקים עברו סריקות מוח באמצעות בדיקת דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI). במהלך הבדיקה הם עברו 'סריקת fMRI במצב מנוחה', שבה החיבורים בין אזורי המוח השונים נבדקים בלי שהנבדק מבצע משימה כלשהי. בנוסף, הם ביצעו משימה פשוטה

שבה התבקשו להתעלם מתמונות לא נעימות. כצפוי, אצל משתתפים שהשלימו את הגרסה האינטנסיבית יותר של האימון (אך לא אצל המשתתפים האחרים) הייתה פעילות מופחתת של האמיגדלה – אזור במוח האחראי על רגשות שליליים, כמו עצב וחרדה – לאחר האימון. נוסף על כך, האימון האינטנסיבי עזר ליצור חיבורים מוגברים בין האמיגדלה לבין האזור בקליפת המוח הקדמית המעורב בוויסות רגשות.

הממצאים האלו הם הראשונים להראות שאימון לא-רגשי, המשפר את היכולת להתעלם ממידע לא רלוונטי, יכול להוביל לתגובות מוחיות מופחתות לאירועים רגשיים ולשנות את החיבורים במוח. כותבי המאמר מכירים במגבלות המחקר הזה, שהתבסס על מספר קטן יחסית של משתתפים בריאים והתמקד בהשפעות קצרות הטווח של האימון, אך הם מציעים

שהאימון הזה עשוי להיות יעיל לאנשים הסובלים מבעיות בוויסות רגשי. ואכן, מחקר קודם שערכו החוקרים הראה שאימון דומה יכול להפחית את הנטייה לשקוע במחשבות חוזרות ונשנות על אירוע חיים שלילי. לכן, בשלב הבא, החוקרים ירצו לבחון את ההשפעה של האימון הלא-רגשי הזה על אנשים הסובלים מתגובות רגשיות מוגברות, כמו אנשים הסובלים מדיכאון ומחרדה, או על אנשים הנמצאים בסיכון גבוה לפתח לחץ דם גבוה עקב רגישות למידע שלילי. כיוונים עתידיים כאלה נושאים השלכות רפואיות פוטנציאליות חשובות בעבור אחוז גדול מהאוכלוסייה.

(באדיבות דובר אוניברסיטת בן גוריון)

הגברת העניין של סטודנטים בקורס בסיסי בהנדסת חשמל באמצעות שילוב דוגמאות מ"העולם האמיתי"

אהרון גרו, ינון סתיו ונתנאל יאמין

המחקר המתואר במאמר בחן את האפקטיביות של דרך ההוראה המוצעת בכך שבדק האם קיים הבדל במוטיבציה כלפי לימודי הנדסת חשמל בקרב סטודנטים שהשתתפו בקורס במתכונתו החדשה (הכוללת דוגמאות מ"העולם האמיתי") לבין זו של עמיתיהם שהשתתפו בקורס במתכונתו המקורית (ללא דוגמאות).

מוטיבציה ותורת הכוונה העצמית

תורות מוטיבציה מנסות להתחקות אחר מניעיו של האדם להתנהגותו. על-פי תורת הכוונה העצמית [6], מקורות המוטיבציה ממוקמים על פני רצף המשתרע בין שני קטבים. המוטיבציה החיצונית ממוקמת בקצה אחד של הרצף והיא כוללת מספר סוגי הכוונה החשובים שבהם הינם:

- הכוונה חיצונית – הממוקמת בקצה הרצף והנובעת מהרצון לקבל תגמול (מיידית) עבור ההתנהגות, או לחלופין, מחשש מעונש (למשל, "אני לומד הנדסת חשמל כי אין לי ברירה").
- הכוונה רצייה – הממוקמת פנימית ביחס להכוונה חיצונית והנגרמת מהרצון למלא אחר ציפיות של אנשים החשובים לאדם (למשל, "אני לומד הנדסת חשמל כי ההורים שלי רוצים שאלמד הנדסת חשמל"), או משיקולי יוקרה אישית (למשל, "אני לומד הנדסת חשמל כי אני רוצה שיחשבו

הקורס הבסיסי העוסק בתורת המעגלים החשמליים מיועד לסטודנטים להנדסת חשמל בשנתם השנייה ללימודיהם, ומתמקד, בין השאר, בניתוח מעגלים מקובצים, מעגלים תחת עירור סינוסואידלי מתמיד, מגברי שרת ותופעות מעבר זמניות. תכנים דומים, ברמת העמקה נמוכה יותר, כלולים גם בתכנית הלימודים התיכונית של משרד החינוך במגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים.

הן הניסיון של מחברי המאמר והן הספרות המקצועית בתחום [1], מצביעים על עניין מועט שמגלים הסטודנטים בקורס, הרואים בו קורס טכני המקנה מיומנויות ניתוח מעגלים ותו לא. כמענה לכך, הספרות מציעה ללמד את הקורס בדרכים שאינן מסורתיות, כמו למידה משולבת פרויקטים [2] ולמידה שיתופית [3], או לשלב בתכנית הלימודים מעבדות [4] ומטלות מבוססות רשת [5]. לאחרונה, בפקולטה להנדסת חשמל בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל הוחלט לנסות להגביר את עניין הסטודנטים בקורס בפרט ובהנדסת חשמל בכלל באמצעות שילוב דוגמאות המשקפות הן את התחומים המגוונים הכלולים בהנדסת חשמל והן את תחומי העיסוק של מהנדס החשמל בתעשייה. יש להדגיש כי דרך ההוראה בקורס נותרה הדרך הפרונטאלית המסורתית, ובכך הקורס המוצע שונה מהותית מקורסים דומים שנסקרו לעיל.

- שאני חכם").
- הכוונה הכרתית – הממוקמת פנימית להכוונת רצייה והנובעת מזיהוי ערך (שאינו עניין והנאה) הגלום בהתנהגות (למשל, "אני לומד הנדסת חשמל כי אפיק תועלת מכך שאהיה מהנדס חשמל").
- בקצהו האחר של הרצף ממוקמת מוטיבציה פנימית, הנובעת מעניין והנאה הכרוכים בהתנהגות (למשל, "אני לומד הנדסת חשמל כי אני חושב שהלימודים מעניינים").
- התיאוריה טוענת כי ככל שמקורות המוטיבציה נובעים מגורמים פנימיים יותר – כך איכות המוטיבציה של האדם גבוהה יותר.

תיאור הקורס

- כפי שצוין בתחילת המאמר, במטרה להגביר את עניין הסטודנטים בקורס בפרט ובהנדסת חשמל בכלל, הוחלט לשלב בקורס, לראשונה, דוגמאות המשקפות הן את התחומים המגוונים הנכללים בהנדסת חשמל והן את תחומי העיסוק של מהנדס החשמל בתעשייה. להלן נסקור מספר דוגמאות:
- במהלך העיסוק במעגלים תחת עירור סינוסואידלי מתמיד הוצגו, באופן עקרוני, שיטות אפנון שונות של טלפונים סלולריים בחתך כרונולוגי (FDMA, TDMA, CDMA).
- התיאור של ייצוג זמני וספקטרלי באפנון מסוג CDMA שימש להעברת המסר לסטודנטים כי מהנדס חשמל נדרש לפתח יכולת חשיבה וניתוח בו זמנית במישורי הזמן והתדר.
- בהמשך העיסוק במעגלים תחת עירור סינוסואידלי מתמיד נלמדו מסנני תדר עקרוניים. לשם המחשתם, הוצגה הדוגמה של מדידת אות אק"ג. הסטודנטים התבקשו להשוות גרף המציג אות אק"ג נתון לשתי מדידות מוצלחות פחות, ולהעריך מי משתיהן עוותה עקב סינון יתר של התדרים הגבוהים, ומי עוותה עקב סינון יתר של התדרים הנמוכים.
- בשיעורים שעסקו בתופעות צימוד קיבולי והשראותי, תוארו עקרונות הפעולה של מסך מגע המוכר לסטודנטים מטלפונים ומחשבי הלוח, וכן הוצג המימוש של ממשק הטעינה האלחוטית של טלפונים ניידים.
- בשיעורים שעסקו במגברי שרת נדון עקרון הפעולה של מעגל הגבר המחובר למיקרופון על דש חולצתו של המרצה.
- בשיעורים שהוקדשו לתופעות מעבר, הוצגו דוגמאות לשימוש בשיטות שנלמדו לטובת אפיון קבועי זמן במעגלים דיגיטליים, כמו, למשל, חישוב תדר שעון מקסימלי במעגל מהפך לוגי, בהתבסס על מודל של מעגל RC. לסטודנטים הובהר כי היכולת לבצע סימולציה של התפשטות אותות, תוך הסתמכות על המודל המקובץ (הנלמד בקורס) ומודל מפולג (שילמד בקורסי המשך), הינה חלק בלתי נפרד מתכנון דיגיטלי מודרני בתעשייה.

מערך המחקר

המחקר בחן את האפקטיביות של דרך ההוראה המוצעת בכך שבדק האם קיים

ושאלון SRQ-A [8]. השאלון כלל 20 היגדים בדומה לאלה שהוזכרו בסעיף שעסק במוטיבציה.

ממצאים

בשרטוט 1 ניתן לראות את הציון הממוצע (בין 1 לבין 5) שהעניקו חברי קבוצת הניסוי לכל אחד מארבעת גורמי המוטיבציה בתחילת הקורס (pretest) ובסיומו (posttest). מעיון בשרטוט מתברר שהתרחשה עליה במוטיבציה הפנימית וירידה בשאר גורמי המוטיבציה.

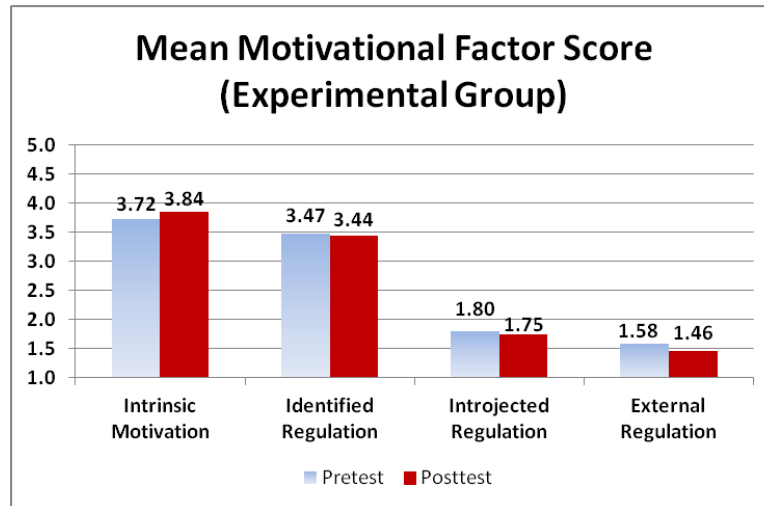
מביצוע מבחן t עולה כי אין הבדל מובהק בין הציון המקדים של קבוצת הניסוי לבין הציון המקדים של קבוצת הביקורת עבור ארבעת גורמי המוטיבציה. לעומת זאת, עבור מוטיבציה פנימית והכוונה חיצונית, קיים הבדל מובהק ($p < 0.05$) בין הציון המסכם של קבוצת הניסוי לבין הציון המסכם של קבוצת הביקורת. במקרה של מוטיבציה הפנימית, הפער הוא לטובת קבוצת הניסוי והוא מתאפיין בגודל אפקט קטן-בינוני ($d=0.32$). במקרה של הכוונה חיצונית, הפער הוא לטובת קבוצת הביקורת ואף הוא מתאפיין בגודל אפקט קטן-בינוני ($d=0.43$). בנוגע להכוונה הכרתית והכוונת רצייה, לא נתגלה הבדל מובהק בין הציון המסכם של קבוצת הניסוי לבין הציון המסכם של קבוצת הביקורת.

הבדל במוטיבציה כלפי לימודי הנדסת חשמל בקרב סטודנטים שהשתתפו בקורס "תורת המעגלים החשמליים" במתכונתו החדשה (הכוללת דוגמאות מ"העולם האמיתי") לבין זו של עמיתיהם שהשתתפו בקורס במתכונתו המקורית (ללא דוגמאות).

במחקר נטלו חלק 123 סטודנטים להנדסת חשמל בשנת לימודיהם השנייה בטכניון שהשתתפו בקורס.

לסטודנטים ניתנה הבחירה ללמוד את הקורס באחת מבין שתי קבוצות הוראה. בקבוצה הראשונה (להלן, "קבוצת הניסוי") לימד המרצה על-פי המתכונת החדשה, הכוללת שילוב דוגמאות מ"העולם האמיתי", שתוארו בסעיף הקודם. בקבוצה השנייה (להלן, "קבוצת הביקורת") לימד מרצה אחר את אותם התכנים במשך אותו מספר שעות אך ללא שילוב דוגמאות. חשוב לציין כי שני המרצים היו מנוסים מאוד ולא נמצא הבדל מובהק בין ציוני ההוראה שלהם, וכי המטלות שהסטודנטים נדרשו לבצע במסגרת הקורס היו זהות בשתי הקבוצות. הסטודנטים בחרו את קבוצת ההוראה בהתאם לרצונם החופשי, כך שקבוצת הניסוי מנתה 72 סטודנטים וקבוצת הביקורת – 51 סטודנטים.

בתחילת הקורס ובסיומו הסטודנטים בשתי הקבוצות התבקשו למלא שאלון אנונימי סגור, שנועד לאמוד את גורמי המוטיבציה המניעים אותם ללמוד הנדסת חשמל. השאלון היה שאלון דמוי ליקרט בן חמש רמות המתבסס על שאלון SIMS [7]



שרטוט 1: ציון גורמי מוטיבציה ממוצע (קבוצת הניסוי)

סיכום

המקורית (ללא דוגמאות). ממצאי המחקר מצביעים על פער מובהק בין המוטיבציה הפנימית בקרב הסטודנטים שהשתתפו בקורס במתכונתו החדשה לבין זו של עמיתיהם – פער המתאפיין בגודל אפקט קטן-בינוני. לאור העלות הנמוכה של השינוי שבוצע בקורס ולאור הצלחתו בהגברת העניין של הסטודנטים בהנדסת חשמל, אנו ממליצים לכלול דוגמאות מ"העולם האמיתי" בקורסים תיכוניים העוסקים בניתוח מעגלים חשמליים.

בקורס יסוד בתורת המעגלים החשמליים, שהתקיים בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, שולבו דוגמאות המשקפות את התחומים המגוונים הנכללים בהנדסת חשמל ואת תחומי העיסוק של מהנדס החשמל בתעשייה. המחקר המתואר במאמר בדק האם קיים הבדל במוטיבציה כלפי לימודי הנדסת חשמל בקרב סטודנטים שהשתתפו בקורס במתכונתו החדשה (הכוללת דוגמאות) לבין זו של סטודנטים שהשתתפו בקורס במתכונתו

המחברים מבקשים להביע את תודתם לפרופ' אבינעם קולודני ולפרופ' משה פורת מהפקולטה להנדסת חשמל בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל על תרומתם הרבה.

מבוסס על מאמר שהוצג ב- 11th European Workshop on Microelectronics Education שהתקיים במאי 2016 בסאות'המפטון, בריטניה.

מחברים: ד"ר אהרון גרו ונתנאל יאמין, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, חיפה; ד"ר ינון סתיו, הפקולטה להנדסת חשמל, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, חיפה וביה"ס להנדסה, המרכז האקדמי רופין, עמק חפר.

1. J. P. Becker, C. Plumb, and R. A. Revia, Project circuits in basic circuits course, *IEEE Transactions on Education*, **57**, 2014, pp. 75–82.
2. A. Yadav, D. Subedi, M. A. Lundeberg, and C. F. Bunting, Problem based learning: Influence on student's learning in an electrical engineering course, *Journal of Engineering Education*, **100**, 2011, pp. 253–280.
3. A. A. Gokhale, Collaborative learning enhances critical thinking, *Journal of Technology Education*, **7**, 1995, pp. 22–30.
4. L. Watai, A. J. Brodersen, and S. P. Brophy, Designing effective laboratory courses in electrical engineering: Challenge-based model that reflects engineering process, *Proceedings of the 37th Annual FIE*, 2007, pp. F2C-7–F2C-12.
5. J. Hospodka and J. Bicák, Web-based application for electric circuit analysis, *Proceedings of the 4th International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology*, 2009, pp. 157–160.
6. E. L. Deci and R. M. Ryan, The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior, *Psychological Inquiry*, **11**, 2000, pp. 227–268.
7. F. Guay, R. J. Vallerand, and C. Blanchard, On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS), *Motivation and Emotion*, **24**, 2000, pp. 175–213.
8. R. M. Ryan and J. P. Connell, Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains, *Journal of Personality and Social Psychology*, **57**, 1989, pp. 749–761.

קול, גלים ומערכות תקשורת: הישגים ומוטיבציה של תלמידים בלימוד נושא מדעי-טכנולוגי בגישת STEM

נאיף עוואד, משה ברק

תקציר

כגון "האוזן האנושית", ו-"Bluetooth" והציגו את עבודותיהם ביום הורים שהתקיים בסוף שנת הלימודים.

מבוא

אנשי חינוך מסכימים כי קישור התכנים ושיטות ההוראה למצבים אמתיים מחיי היום של התלמידים - כולל התנסויות אישיות, חוויות ותחומי עניין - מהווה מפתח מרכזי לטיפול הלמידה בבתי הספר [1]-[2]. בהקשר זה, טכנולוגית התקשוב מספקת אמצעים המדמים מצבים מהחיים האמתיים ומחברת את הכיתה לעולם החיצוני כגון קהילה, עסקים, ומומחים במדע וטכנולוגיה [3].

כיום, בני הנוער חיים בתרבות דיגיטלית ומשתמשים באופן נרחב בחיי היום יום באמצעים טכנולוגיים מתקדמים כמו מחשבים ניידים וטלפונים סלולריים. כל הטכנולוגיות הללו מבוססות על ידע מדעי, טכנולוגי ומתמטי. למרות זאת, לימודי מדע וטכנולוגיה נלמדים עדיין במקרים רבים בשיטה המסורתית. מכאן, בכדי לחבר את החינוך לעולם שמחוץ לכותלי בית הספר נדרש שינוי משמעותי בשיטת ההוראה [4]. על מנת שחינוך מדעי-טכנולוגי יצליח, יש לקחת בחשבון אלמנטים תרבותיים המשפיעים על התלמידים ולשקול בקפידה את שילובם בתכנית הלימודים. הבנת עקרונות אלו, יחד עם דגש חזק על שימוש בטכנולוגיות מידע כמו סימולציות ותוכנות

מאמר זה מציג את הפיתוח, היישום וההערכה של תכנית לימודים בין-תחומית בנושא קול, גלים ותקשורת לתלמידי חטיבת ביניים. התוכנית מבוססת על העקרונות הבאים: למידה הקשרית, שילוב לימודי מדע - טכנולוגיה - הנדסה - ומתמטיקה (STEM), שימוש בתקשוב ללמידה ולמידה מבוססת פרויקט. במסגרת התכנית, התלמידים לומדים נושאים מדעיים-טכנולוגיים כגון מהו גל קול, עוצמה ותדר של גל, המרת קול לאות חשמלי, הגברה, דגימה, המרה אנלוגית-ספרתית והפיכת קול לקובץ מחשב. היקף הלימוד הוא כ-30 שעות (15 מפגשים של שעותיים). במהלך הקורס, המורה מציג בכתה הסברים קצרים בעזרת מצגות עשירות והתלמידים עורכים ניסויים ולומדים בעזרת סימולציות ממחושבות ותוכנות לעיבוד קול כגון Audacity. בסוף הקורס, התלמידים מגישים פרויקט גמר. המחקר נועד לבדוק את הישגי התלמידים ואת המוטיבציה שלהם ללמוד מדע וטכנולוגיה. המשתתפים היו 40 תלמידי כיתה ז' (גיל 13) מ-4 חטיבות ביניים. איסוף הנתונים כלל מבחני הישגים, שאלוני עמדות, ראיונות עם מורים ותלמידים וניתוח הפרויקטים הסופיים של התלמידים. הממצאים הראו כי התלמידים הצליחו להתמודד עם לימוד הנושא והשיגו תוצאות טובות בבחינה המסכמת. התלמידים פיתחו פרויקטים בנושאים מתחום קול ותקשורת,

מחשב עשויים להוות את הבסיס לסביבה מדעית טכנולוגית בעלת פוטנציאל לשלב מדע, טכנולוגיה, מתמטיקה והנדסה ולחברם לעולם האמתי שמחוץ לבית הספר. המחקר הנוכחי עוסק בפיתוח, יישום והערכה של תכנית לימודים בין תחומית ללימוד מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM) בסביבה מתוקשבת בנושא קול, גלים ותקשורת. מבחינת החינוך הטכנולוגי, התלמידים עוסקים בבדיקה ובניה של תוצרים טכנולוגיים ולומדים מושגים ועקרונות טכנולוגיים כגון המרת קול לאותות חשמליים, הגברה אלקטרונית והמרת קול מאות אנלוגי למידע דיגיטלי. לימוד הנושאים הללו מתקשר להבנת עקרונות מרכזיים בטכנולוגיה ובהנדסה.

המסגרת המושגית ללימוד העקרונות של "קול, גלים ותקשורת"

המסגרת המושגית כוללת ארבעה עקרונות עיקריים: למידה בהקשר, למידה בין תחומית, למידה הנתמכת על ידי טכנולוגית תקשוב ולמידה מבוססת פרויקט, כמוצג באיור 1.



איור 1: העקרונות שהנחו את פיתוח התכנית

למידה הקשורת - מונח זה מתייחס ללמידה המתקשרת לחייו המגוונים של התלמיד - בבית, בשעות הפנאי או בפעילויות חברתיות וסביבתיות. לתלמידים ניתנת האפשרויות ליצור משמעות לידע התוכני שלהם ולפתור בהקשר בעיות של העולם האמיתי [5].

למידה בין תחומית - למידה מסוג זה יוצרת חיבור בין תחומים שונים ומספקת ללומדים הזדמנויות ומרחב למידה שהוא מעבר לגבולות של נושא ספציפי [6]. גישת STEM מכירה בחשיבות המדעים והמתמטיקה ומדגישה את הטכנולוגיה וההנדסה כתחומים אשר משפיעים על חיינו וחשובים במיוחד עבור חברה המעוניינת להתחדש תמיד [7]. חוקרים [8] טוענים שעל מנת להבטיח יצירתיות ועניין, יש לתת למקצועות המדעים וההנדסה את מקומם הראוי בתכניות הלימודים בבתי הספר.

למידה מבוססת פרויקט - אנשי חינוך רבים סבורים כי למידה מבוססת פרויקט הינה מסגרת טבעית ליישום למידה משמעותית ועשויה לשמש אמצעי לעידוד היכולת הקוגניטיבית והמוטיבציה של התלמיד. בשיטה זו התלמיד עוסק באופן פעיל בפתירת בעיה מורכבת הלקוחה מהחיים האמיתיים, מבוססת על חקר ומורכבת ממספר משימות [9].

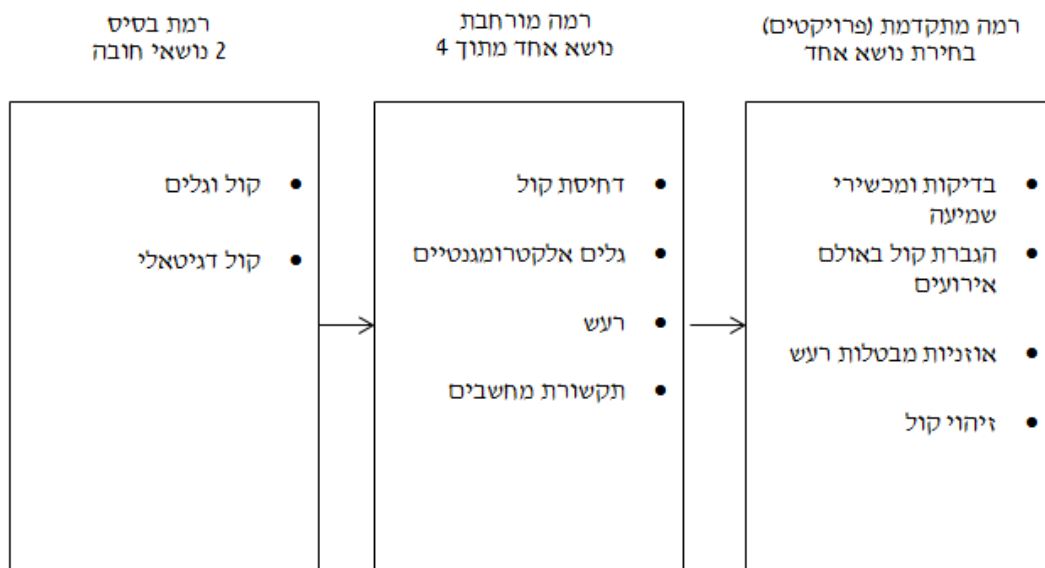
למידה נתמכת תקשוב - טכנולוגית התקשוב עשויה לסייע בלימודי מדע וטכנולוגיה כיוון שיש בה פוטנציאל לתמוך בפעילויות ותהליכים כמו איסוף נתונים, ויזואליזציה, חשיבה, פתרון בעיות ורפלקציה. דגש מיוחד ניתן לשימוש בסימולציות ואנימציות אשר מתגלים כאחד הכלים היעילים להוראה / למידה איכותית. לעתים, השימוש בסימולציות דורש מהתלמידים להפעיל יכולות חדשות שנרכשות תוך כדי הלימוד ומעודד אותם ללמידה מעמיקה [10].

תיאור הקורס "קול, גלים ומערכות

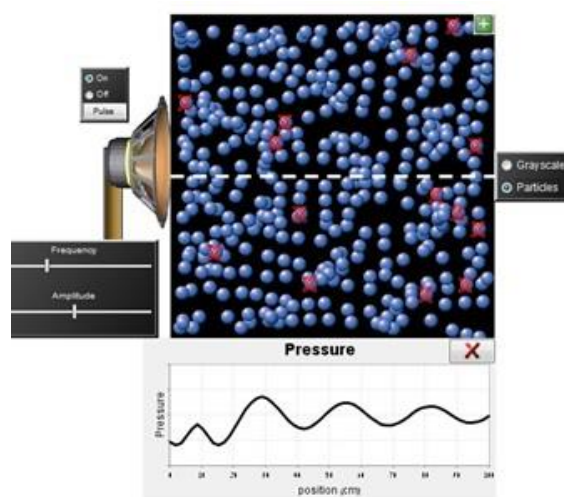
תקשורת"

הקורס מיועד לתלמידי חט"ב ומורכב מ- 3 שלבים כמתואר באיור 2. איור 3 מציג סימולציה המראה כי קול נוצר על ידי תנודות מחזוריות של חלקיקים. הסימולציה מאפשרת לקבוע את אופן התצוגה (גוון אפור / חלקיקים) וגם לשלוט בתדירות

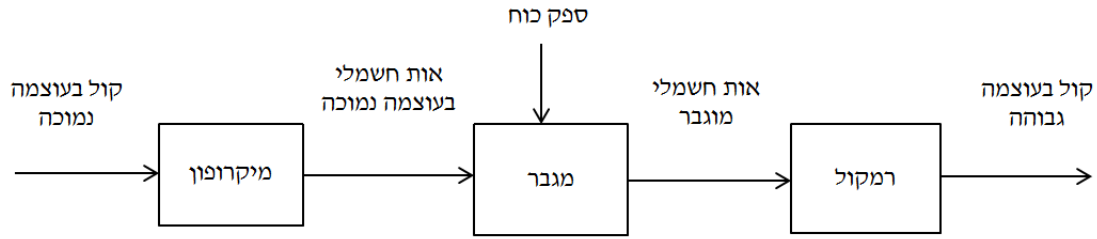
ובאמפליטודה. הגרף מראה את השתנות הלחץ המתמדת בנקדה מסוימת – מלחץ גבוה לתת לחץ ולהיפך. איור 4 הינו תרשים מלבנים של מערכת להגברת קול. איור 5 מראה את השלבים העיקריים של תהליך ההמרה מאנלוגי לדיגיטלי. ואיור 6 מתאר סימולציה של דגימת אותות המאפשרת לתלמידים לשלוט בתדירות הדגימה ולצפות באותות המתקבלים.



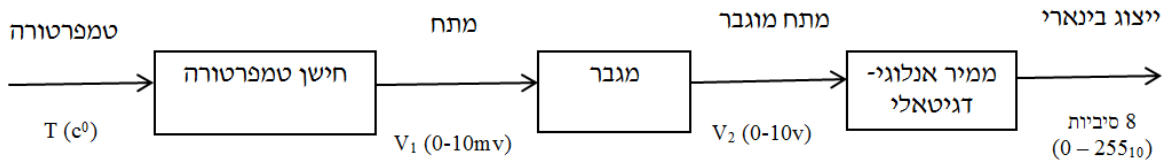
איור 2: השלבים העיקריים של הקורס



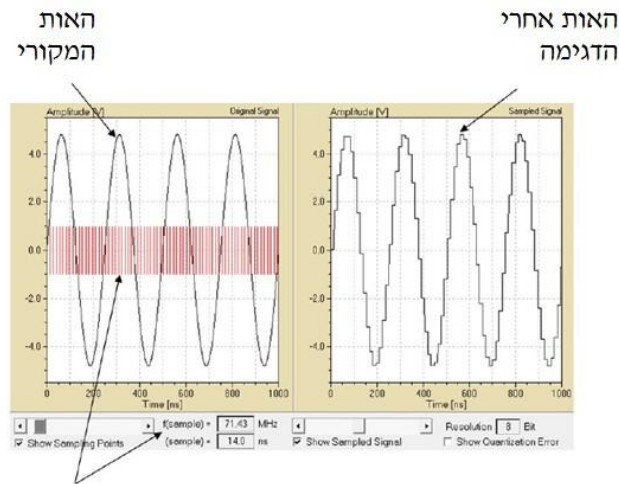
איור 3: הקול כתנודות של חלקיקים



איור 4: תרשים מלבנים של מערכת להגברת קול



איור 5: תהליך ההמרה של טמפרטורה מאנלוגי לדיגיטלי



תדר הדגימה

איור 6: סימולציה לדגימת גל קול

שיטת ההוראה-למידה

1. הצגות והדגמות של המורה- בתחילת כל מפגש המורה הציג לתלמידים את העקרונות הבסיסיים של החומר התיאורטי הנלמד באותו שיעור במשך 20-30 דקות תוך שימוש במצגות עשירות באנימציות וסימולציות. בתמונה 1 המורה מסביר לתלמידיו כיצד להשתמש בסימולציה ממוחשבת לבדיקת טווח השמיעה שלהם.

2. התנסויות התלמידים בסימולציות ותוכנות מחשב- לאחר הסבר קצר של המורה, התלמידים קיבלו מטלות וענו על שאלות ובעיות שיש בהן דגש חזק על שימוש בתקשוב כמו סימולציות ותוכנה לעריכת קול. בסוף השיעור, התלמידים שלחו את התשובות שלהם למורה. בנוסף לפעילויות המתוקשבות, התלמידים למדו עקרונות מדעיים תוך ביצוע התנסויות אמיתיות. לדוגמה: על מנת להעמיק בהבנת

התנסותית שבמהלכם התלמידים יצרו תוצרים מעשיים. לדוגמה, תלמידים מסוימים בנו דגם של רמקול בסיסי מרכיבים בסיסיים, אחרים בנו פעמון ציוץ מערכה אלקטרונית פשוטה (תמונות 3, 4).

מושג התדירות, התלמידים השמיעו קולות שונים בניסיון להבחין בין טון גבוה לטון נמוך. הם ניגנו בכלים מוזיקליים כמו חליל, תופים וקסילופון (תמונה 2) ; גלשו באתרים, חיברו אזניות למחשב, שלטו בתדירות האות ושמעו כיצד הצליל משתנה.

3. בניית תוצרים מעשיים- חלק מהשיעורים הוקדשו ללמידה



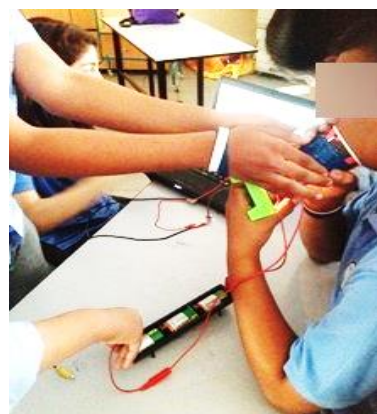
תמונה 2: תלמידה בוחנת את התדרים השונים בהקשה על קסילופון



תמונה 1: מורה מסביר לתלמידים על סימולציה ממוחשבת לבדיקת טווח השמיעה



תמונה 4: תלמיד בונה קיט אלקטרוני של פעמון ציוץ



תמונה 3: תלמידים משתמשים בתוכנת מחשב (Audacity) לבדיקת איכות המיקרופון שבנו

למידה מבוססת פרויקט

בחלקו השני של הקורס, התלמידים הכינו פרויקט גמר בנושאים שעניינו אותם כמו "מוזיקה דיגיטלית", "תקשורת נידת" ו-"אוזן אנושית ושמיעה". התלמידים למדו כיצד לחפש מידע ונתונים ממקורות מגוונים על מנת להבין את הנושא לעומק. במסגרת הפרויקט, התלמידים נדרשו להכין 8-10 עמודים הכוללים את הפרקים הבאים: מבוא, גוף העבודה - תיאור של 3-4 נקודות עיקריות, תוצאות, מסקנות, רפלקציה ורשימת ספרות מקצועית. בסיום הקורס, התלמידים הציגו את עבודות הגמר שלהם בפני חבריהם בכתה וביום ההורים.

המחקר

שאלות המחקר

מטרת המחקר הייתה לבדוק את הישגי התלמידים ואת המוטיבציה שלהם ללמוד מדעים וטכנולוגיה. השאלות העיקריות שהנחו מחקר זה הן:

1. עד כמה יכולים תלמידי חטי"ב ללמוד נושאים מדעיים-טכנולוגיים מתקדמים כמו קול, גלים ותקשורת? מה הם הגורמים שמקדמים ו / או מונעים את הצלחתם בלימוד הנושא?
2. מה היא ההשפעה של לימוד הנושא על התלמידים ביחס ל:
 - א. מוטיבציה ועניין בלימוד מדע וטכנולוגיה.
 - ב. תפיסת מסוגלות עצמית ללימוד נושאים מדעיים-טכנולוגיים.
 - ג. הרצון ללמוד בסביבה מתוקשבת.

אוכלוסייה

המחקר נערך במרכז העשרה חינוכי אזורי לתלמידי חטיבת ביניים. התלמידים הגיעו מ-4 ערים שונות מצפון ישראל. המשתתפים התחלקו לשתי קבוצות של 20 תלמידים כל אחת (כיתות ז', גילאי 13-14). כל קבוצה נפגשה פעמיים בשבוע למשך 15 שבועות.

איסוף נתונים

במחקר זה שילבנו שיטות איכותניות וכמותיות, במטרה ללמוד על כמה שיותר תחומים הקשורים לפעילות התלמידים בכיתה, הישגיהם ועמדותיהם כלפי הקורס. הכלים הכמותיים כללו שאלון עמדות סגור ומבחן הישגים סופי. הכלים האיכותניים כללו שאלון פתוח, תצפיות, ראיונות וניתוח הפרויקטים שהתלמידים הגישו.

באופן מפורט יותר, איסוף הנתונים כלל:

- תיעוד של פעילויות התלמידים בכיתה. החוקר נכח בקורס ורשם הערות לגבי המוטיבציה של התלמידים והצלחתם בביצוע המטלות, העמדות של התלמידים והתגובות שלהם על אירועים מיוחדים.
- ניתוח הממצאים של הבחינה הסופית שעליה ענו התלמידים בסוף הקורס.
- שאלון עמדות לתלמידים לפני ואחרי הקורס.
- 10 ראיונות עם קבוצות של 2-3 תלמידים בסוף השיעורים.
- ראיונות עם 6 מהורי התלמידים במסגרת יום הורים בסיום הקורס.
- ניתוח הפעילויות הכיתתיות והפרויקטים של התלמידים.

ממצאים

הישגי התלמידים בלימוד נושאים מדעיים-

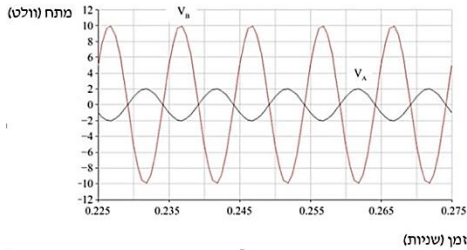
טכנולוגיים

על מנת להעריך את הידע שנלמד בקורס, התלמידים ניגשו לבחינה סופית של שעה וחצי. הגרסה הסופית של הבחינה עברה תיקוף על ידי קבוצת מורים למדעים בעלי ניסיון עשיר שלמדו לתואר שני M.A בהוראת מדעים וטכנולוגיה באוניברסיטת בן גוריון בנגב. הבחינה כללה שאלה אחת לגבי ידע עובדתי (Factual knowledge), שתי שאלות על ידע הליכי (Procedural knowledge) ושתי שאלות לגבי ידע מושגי (Conceptual knowledge). להלן דוגמאות לשאלות מתוך הבחינה לגבי כל אחד מסוגי הידע:

- ידע עובדתי: התלמידים נשאלו על עובדות כמו למשל מהירות הקול באוויר, טווח השמיעה האנושית וכו'.
- ידע הליכי: התלמידים נדרשו, למשל, לחשב את מהירות הגל על ידי שימוש בנוסחה

$$v = \lambda * f.$$

- ידע מושגי: איור 7 מציג שאלה מהבחינה על ידע מושגי. V_A מייצג את אות הקלט למגבר ו- V_B מייצג את אות הפלט. התלמידים התבקשו לזהות את ערך ההגברה, לשרטט גרף המסביר את מערכת היחסים בין V_A ל V_B ולחשב את סכום ההגברה של שני מגברים המחוברים בטור.



איור 7: שאלה ברמת ידע מושגי מתוך הבחינה הסופית

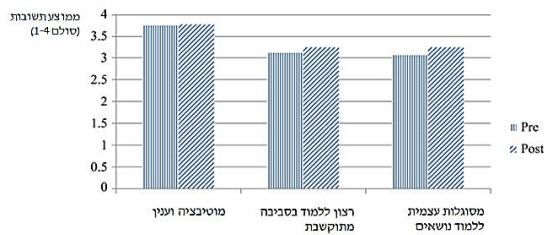
המורה והחוקר בדקו ארבע בחינות ביחד על מנת לקבוע את אופן הערכת שאר הבחינות. לאחר מכן הם חילקו את הבחינות ביניהם, וכל אחד מהם בדק כמחצית מהבחינות. הציון הממוצע (בסולם 0-100) היה 82 ($SD = 12.7$, $n = 36$). הציון הגבוה ביותר היה 100 והנמוך ביותר היה 60. הציון הממוצע של שאלות הידע העובדתי היה 80 ($SD = 22.17$), הציון הממוצע של שאלות הידע ההליכי היה 85 ($SD = 36.2$) והציון הממוצע של שאלות הידע המושגי היה 80 ($SD = 29.18$). תוצאות אלה משקפות את העובדה כי רבים מהמורים למקצועות המדעים והטכנולוגיה מדגישים את לימוד הידע ההליכי כגון ביצוע חישובים מתמטיים ו/או ושימוש בנוסחאות. בנוסף, ההישגים הטובים של התלמידים בשאלות המבוססות על ידע מושגי מוכיחים כי התלמידים אכן רכשו במסגרת הקורס ידע משמעותי בנושאים מדעיים-טכנולוגיים.

ממצאים משאלוני העמדות אודות מוטיבציה ומסוגלות עצמית שהתלמידים

מלאו

אחת המטרות של הקורס קול, גלים ומערכות תקשורת היא לקרב את התלמידים לעולם המדע והטכנולוגיה ולעניין אותם. על מנת להבין את נקודות המבט של התלמידים בנושאי הקורס, הם מלאו שאלון עמדות לפני

תחושת מסוגלות עצמית ללימוד נושאים חדשים. ממוצעי שלוש קטגוריות השאלון לפני הקורס, ולאחריו, מוצגים באיור 8.



איור 8: ממוצע תשובות התלמידים בשאלון העמדות לפני הקורס (n=29) ולאחריו (n=31)

הציון הממוצע של תשובות התלמידים לשאלון אחרי הקורס היה מעט גבוה יותר מהציון הממוצע לפני הקורס בכל שלושת הקטגוריות, אך הבדלים אלו אינם מובהקים סטטיסטית. הסבר אפשרי לתוצאות אלו הוא שהתלמידים היו מעוניינים וחדורי מוטיבציה ללמוד נושאים חדשים עוד לפני הקורס.

ממצאים מהפרויקטים של התלמידים

כפי שצוין קודם לכן, למידה מבוססת פרויקטים עשויה לתרום ללמידה ולמוטיבציה של התלמידים אך הביצוע של שיטה זו בבתי הספר אינו פשוט ודורש מאמץ משמעותי הן מצד המורים והן מצד התלמידים [9]. במחקר זה, התלמידים הכינו פרויקטים בנושאים הקשורים לקול, גלים ומערכות תקשורת. במהלך 4 השבועות האחרונים של הקורס, התלמידים עבדו בזוגות ובחרו נושאים שעניינו אותם. התלמידים נדרשו להציג את הפרויקט שלהם בעזרת מצגת או אתר אינטרנט בהיקף 8-10 עמודים לפי המבנה הבא: מבוא, גוף העבודה, תוצאות ומסקנות, מקורות ורפלקציה אישית. איור 9 מציג דוגמה מתוך פרויקט בנושא "תקשורת Bluetooth". התלמידים הסבירו כיצד שני מכשירי פלאפון יוצרים רשת המונעת חדירה של מכשירים אחרים על ידי שינוי התדירות

ואחרי הקורס. השאלון כלל 12 פריטים השייכים ל 3 קטגוריות:

1. מוטיבציה ועניין בלימוד מדעים וטכנולוגיה. למשל, אני מתעניין בלימוד נושאים מדעיים.
2. רצון ללמד בסביבה מתוקשבת. למשל, אני מחפש מידע באינטרנט בזמני החופשי.
3. אמונות לגבי מסוגלות עצמית ללמוד נושאים חדשים. למשל, אני מסוגל ללמד באופן עצמאי נושאים מדעיים.

התלמידים סימנו את תשובותיהם בסולם ליקרט (1= נמוך מאוד, 2= נמוך, 3= גבוה, 4= גבוה מאוד). על מנת להימנע מהטיה בתוצאות - בשל הנטייה בקרב אנשים לענות על השאלות בצורה חיובית - מחצית מהפריטים בשאלון הופיעו כהיגדים שליליים, למשל, 'יקשה לי ללמוד נושאים מדעיים חדשים באופן עצמאי'. התשובות לפריטים "שליליים" הומרו לסולם חיובי בניתוח הנתונים.

השאלון כלל גם חלק פתוח: מספר שורות ריקות הושארו ליד כל פריט, בהם התלמידים התבקשו להסביר את תשובותיהם ולתת דוגמאות. רוב התלמידים כתבו דברים משמעותיים שסיפקו מידע נוסף ובעל ערך לגבי נקודות המבט של התלמידים. בנוסף, התשובות האותנטיות של התלמידים הראו כי התלמידים אכן ענו על השאלות הסגורות בקפידה. 29 תלמידים ענו על השאלון לפני הקורס ו- 31 תלמידים ענו עליו לאחר הקורס.

על מנת לבדוק את המהימנות הפנימית של ממצאי השאלון בוצע מבחן אלפא קרוונבך. התוצאות היו 0.67 עבור מוטיבציה ועניין בלימוד מדעים וטכנולוגיה, 0.53 עבור הרצון ללמוד בסביבה מתוקשבת, 0.58 לגבי

יהשיעורים בקורס שונים מהשיעורים בבית הספר...שם [בבית הספר] מלמדים רק דברים תיאורטיים במשך רוב השנה" "כאן אנחנו לומדים על תקשורת מעשית ופרקטית....בבית הספר, אנחנו לומדים רק מילים".

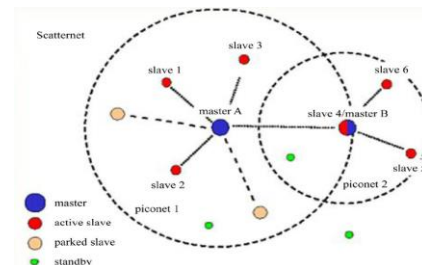
תלמידים אחרים הצהירו כי העבודה על פרויקט אמיתי סייעה להם להבין חלק מהנושאים התיאורטיים וגם לראות כיצד רעיונות אלה באים לידי ביטוי במציאות. למשל התלמידים אמרו: "יכדי לגרום לרמקול לעבוד, ניסינו להשתמש במגנטים בגדלים שונים עם מגוון סלילים של חוטי נחושת".

"היופי הוא שאני יכול לראות מידיית האם דברים עובדים או לא".

מסקנות

ממצאי המחקר מלמדים כי תלמידים בגיל צעיר יכולים להתמודד בהצלחה עם לימוד נושא בין-תחומי מורכב יחסית המתקשר למספר תחומים במדעים ובטכנולוגיה. על פי נקודת המבט של התלמידים, האבחנה בין פיזיקה, אלקטרוניקה, מדעי המחשב או מתמטיקה אינה חשובה. הגורם העיקרי שתורם ללמידה היה השילוב בין ההסברים של המורה (לימוד מסורתי), לימוד בסביבה עתירת טכנולוגית תקשוב, ולימוד מבוסס פרויקטים. בחירת נושאים הקשורים לעולמם של התלמידים, כמו הגברת קול וקול דיגיטלי, היווה גורם מרכזי ביצירת המוטיבציה ללמוד את הקורס ולהכין פרויקט גמר. השימוש במחשבים ובטכנולוגית תקשוב, לא רק עבור לימוד הנושא אלא גם עבור תיעוד תהליכי הלמידה והצגת הפרויקט בפני הכיתה וההורים, תרם בצורה משמעותית למוטיבציה של התלמידים לאורך הקורס.

בצורה אקראית 1600 פעמים בשנייה. ברפלקציה שהתלמידים כתבו אודות תהליך פיתוח הפרויקט, רבים הביעו סיפוק ועניין מלימוד נושאים חדשים. מעט תלמידים ציינו קשיים שנתקלו בהם והסבירו כיצד התגברו עליהם.



איור 9: שקף מתוך פרויקט של תלמיד בנושא תקשורת Bluetooth

השימוש בטכנולוגיה ככלי ללמידה - בעבודה על הפרויקטים, התלמידים השקיעו מאמצים בחיפוש אחר מקורות חדשים, הורידו ספרים דיגיטליים בנושאים רלוונטיים מהאינטרנט, והשתמשו בתוכנות מחשב מגוונות (Power, Word, MS paint, Audacity, Screen Capture, Point) מנת להכין ולהציג את עבודותיהם. חמישה תלמידים אף למדו אודות Google sites שלהם באופן עצמאי והציגו את הפרויקטים שלהם בצורת אתרים שפיתחו בעצמם.

ממצאים מתצפיות בכיתה וראיונות עם מורים והורים

החוקר נכח כמעט בכל השיעורים בכיתה בשתי קבוצות המחקר ותיעד אירועים מיוחדים, פעילויות ותשובות של תלמידים. ראיונות עם קבוצות של 2-3 תלמידים נערכו לאחר השיעורים בכיתה לאורך כל הקורס. הראיונות הוקלטו, שוכתבו ונותחו. כך למשל, החוקר שאל את התלמידים על ההבדל בין לימוד מדע במסגרת קורס זה לבין לימוד מדע בבית הספר, והתלמידים ענו:

מקורות

1. Dewey, J. (1963). Experience and Education. *The Kappa Delta Pi Lecture Series*. New York: Macmillan.
2. Bruner, J. (1996). *The Culture of Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
3. Bransford, J., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academy Press.
4. Roberson, S. (2011). Defying the Default Culture and Creating a Culture of Possibility. *Education Indianapolis Then ChulaVista*, 131, 885-904.
5. Karweit, D. (1993). *Contextual Learning: A Review and Synthesis*. Baltimore, MD: Center for the Social Organization of Schools, Johns Hopkins University.
6. Rowntree, D. (1982). *A Dictionary of Education*. Totowa, NJ: Barnes and Noble Books.
7. Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70, 30-35.
8. Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.) (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington DC: National Academies Press.
9. Barak, M., & Shachar, A. (2008). Project in Technology and Fostering Learning Skills: The Potential and Its Realization. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 285-296. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-008-9098-2>.
10. Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19, 309-326. <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>

ניתוח סיבות לכישלון סטודנטים להנדסת חשמל ואלקטרוניקה בלימודי פיזיקה 1מ'

ניסים סבאג, אלי רוז



מכשול המשמעותי ביותר העומד בפני סטודנטים הלומדים לקראת התואר BSc. בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה, הינו השלמת קורסי הפיזיקה בכלל והשלמת הקורס פיזיקה 1מ' במיוחד. ממוצע הנכשלים בקורס פיזיקה 1מ', במהלך השנים שבין 2009 ובין 2014, הינו 58%. מאמר זה מתאר מחקר בו ניסו החוקרים לברר מהם שורשי הקשיים של הסטודנטים מתוך כוונה להקטין את מספר הכישלונות בקורס, כל זאת מבלי להתפשר על הרמה האקדמית ועל רמת הבחינות. נערכו ראיונות עומק עם סטודנטים שזה לא מכבר נבחנו בבחינת חצי סמסטר בקורס פיזיקה 1מ'. שני ממצאים מעניינים עלו מראיונות אלו: (1) הסטודנטים שהצליחו בבחינה השקיעו חלק ניכר מזמן הלימוד שלהם על מנת לחזק את הידע התיאורטי. לעומתם, הסטודנטים שנכשלו בבחינה התמקדו בפתרון תרגילים קיימים. (2) הסטודנטים שהצליחו בבחינה קראו כל שאלה של הבחינה פעמיים ואפילו שלוש פעמים לפני שהתחילו להשיב עליה ואילו הסטודנטים שנכשלו לא נהגו כך. בנוסף לראיונות העומק התבקשו כל הסטודנטים של המחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה, אשר עברו בהצלחה את הקורס פיזיקה 1מ' בסמסטרים קודמים, להשיב לשאלון מקיף על ניסיונם בלימודי הפיזיקה. תוצאות השאלון מראות שממוצע ציוני הקורס פיזיקה 1מ' של סטודנטים אשר השקיעו לפחות 40% מזמן הלימוד העצמי ללימודי תיאוריה, הוא 75.5 לעומת ממוצע 68.6 שהשיגו חבריהם שהקדישו פחות מ 40% מזמנם ללימוד תיאוריה.

מבוא

קורסי הפיזיקה מהווים חלק משמעותי מליבת הקוריקולום של לימודי הנדסת חשמל

ואלקטרוניקה (ולימודי הנדסה בכלל) באוניברסיטאות ובמכללות (למשל [1], [2]) בישראל ובעולם [3]. הסטודנטים במחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה במכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה מתקשים בלימודי הקורס פיזיקה 1מ' (מכניקה) ופיזיקה 2מ' (חשמל ומגנטיות) מאז הקמת המכללה, לפני כ 22 שנים. אחוזי הכישלונות בקורסים אלו מתחיל ב 40% ומגיע אף ל 70% ויותר במקרים קיצוניים. לדוגמה, ממוצע הכישלונות בקורסים פיזיקה 1מ' ופיזיקה 2מ' במהלך חמש השנים שקדמו למחקר המתואר כאן, מגיע ל 58% בקירוב, זאת למרות שלכל סטודנט יש שתי אפשרויות (מועד א' ומועד ב') לעבור את בחינת סוף הסמסטר (כלומר להשיג ציון 45 מתוך 100 לפחות) כדי לעבור את הקורס. בין יתר הסיבות אפשריות למצב העניינים המתואר כאן, יכולה להיות העובדה שבמהלך 20 השנים האחרונות הורחבה משמעותית הנגישות ללימודים אקדמיים. עובדה זאת הגדילה מאוד את השונות בין הסטודנטים בכל הקשור ליכולות לקוגניטיביות ולידע קודם הנרכש טרם כניסה לאקדמיה [4]. חוסר שביעות רצון מהמצב הקיים, דחף את כתבי מאמר זה לחקור את הגורמים המונעים מהסטודנטים להצליח בלימודי הפיזיקה המוגברים. כל זאת על מנת להציע דרכים לסייע לסטודנטים ולמרצים לצמצם את כמות הנכשלים בלימודי פיזיקה. נציין כי תוצאות מחקר זה פורסמו לראשונה ב [5].

רקע תיאורטי

קשיים בלימודי הפיזיקה המתוארים על ידי חוקרים בארץ ובעולם, המיוחסים ליכולות מתמטיות

הנושא הנלמד [10]. החוקרים הצרפתיים Smigiel and Sonntag דיווחו כי סטודנטים רבים נקלעו למצב שגרם להם להתייחס למתמטיקה כאל תהליך פורמליסטי (מה שנקרא בפי התלמיד הישראלי המצוי: "מה הנוסחה?"), התייחסות שמנעה מהם להבין את הפיזיקה האמתית העומדת מאחורי הבעיה המוצגת [11].

שאיפות הסטודנטים למציאת דרך קלה לעבור את קורסי הפיזיקה

החוקרים Kim and Hannafin טוענים שסטודנטים, במהלך לימודיהם, נוטים לחפש תשובות שתתאמנה לציפיות מוריהם במקום לחפש שאלות קשות, להעלות דילמות, או לחפש הסברים אלטרנטיביים לבעיות. ממצאים אלו עשויים להסביר את קשיי הסטודנטים בלימודי הפיזיקה [12]. החוקרים Gire and Rebello גורסים שההיכרות של הסטודנטים עם שאלות דומות לשאלות המבחן, מהווה גורם חשוב יותר מאשר סיבוכיות השאלות בתפיסתם של התלמידים את קושי השאלות [13].

תפקיד המורה

החוקרים Taasobshirazi and Carr סקרו גישת הוראה מקובלת במיוחד, הגישה מבוססת התוכן (content-based physics). שיטה המערבת בלימודי הפיזיקה בעיות מהחיים האמתיים כדי להגביר מוטיבציה עם יכולת פתרון בעיות. החוקרים הסיקו שהגישה מבוססת התוכן אינה טובה יותר משיטות הלימוד המסורתיות והם ממליצים על מחקר נוסף בתחום הוראת הפיזיקה [14]. על מנת לשפר את לימודי הפיזיקה, מציעים Thompson et al. שמורי העתיד ישתתפו במחקר בתחום הוראת הפיזיקה. ניסיון שכזה יאפשר למורים ללמוד איך לנתח את חומרי הוראה בהתבסס על ידע מחקרי [15]. ירושלמי, איילון ושגב מדווחים על סדנה שבה מורי פיזיקה ניסו לשפר "העברה בפתרון בעיות" אצל

פתיחת המכללות האקדמיות בישראל בראשית שנות התשעים של המאה הקודמת, יצרה מצב שבו השונות ביכולות הקוגניטיביות ובמטען הידע הקודם של הסטודנטים באקדמיה, גדולה מאוד [4]. סטודנטים רבים החווים קשיים לימודיים גדלים והולכים בלימודי הפיזיקה, מדווחים באזורים שונים של העולם [6-11]. החוקרים Williams et al. טוענים שהסיבות העיקריות שתלמידים מגלים חוסר עניין בלימודי הפיזיקה כי זה קשה להם והם חושבים שלימודי הפיזיקה אינם רלוונטיים עבורם [6]. החוקרת Ogunleye מניגריה, חקרה סיבות לכישלון תלמידים בפתרון בעיות בפיזיקה. היא שאלה תלמידים ומורים מדוע הם חושבים שבעיות בפיזיקה קשות לפתרון? בין התשובות השכיחות ביותר ציינו הנשאלים את אי היכולת של תלמידים להבין את השאלות בפיזיקה ואת כישוריהם המתמטיים הדלים של התלמידים [7]. החוקרים הנורבגיים Angell et al. שאלו תלמידי כתות י"ב – י"ג ומוריהם על תפיסותיהם את לימודי הפיזיקה (בנורבגיה התיכון מסתיים בכתה י"ג). הם מצאו שתלמידי פיזיקה תיארו את לימודי הפיזיקה קשים ותובעניים (עומס לימודי רב) ועם זאת מעניינים. כמו כן, התלמידים דרגו את פיזיקה כתחום הלימודי הקשה ביותר ביחס ללימודי אנגלית ולימודי מדעי החברה [8]. החוקרים Boe and Henriksen בדקו מוטיבציה של תלמידים ללמוד פיזיקה. הם מצאו שתלמידי כתות י"ב שלמדו פיזיקה בחטיבת הביניים (בעיקר תלמידות) בחרו שלא להמשיך ללמוד פיזיקה בכתה י"ג [9]. בניגריה חקרה Erinosho תלמידים בעלי קשיים בלימודי פיזיקה. התלמידים התבקשו לציין האם מקצוע הפיזיקה נחשב בעיניהם קשה ללימוד ואם כן, מהם נושאי הלימודי הקשים ואיזה היבטים של אותם נושאים נחשבים כקשים להבנה עבורם. כ 58% מהתלמידים התייחסו לפיזיקה כאל נושא קשה ללימוד; בין יתר הקשיים הם ציינו שיש יותר מדי חישובים לבצע, בעיות קשות מדי לפתרון ויותר מדי חומר שקשה לזכור. רבים מבין התלמידים דיווחו כי התקשו בהבנת המשמעות של

בהתבסס על המידע שנאסף בראיונות חובר שאלון מקיף וכל הסטודנטים שעברו בהצלחה את הקורס פיזיקה 1 מ' בעבר, התבקשו להשיב על שאלון זה דרך האינטרנט. מדובר באוכלוסייה פוטנציאלית של כ-300 סטודנטים שסיימו ללמוד פיזיקה 1 אך עדיין נמצאים במסגרת הלימודית לקראת התואר BSc בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה, מהם השיבו 61 סטודנטים לשאלון באמצעות Google Drive.

השאלון

השאלון הכיל 30 פרטי מידע המאוגדים בקבוצות אחדות. בקבוצת השאלות הראשונה נאסף מידע על רקע קודם של הסטודנט (למשל, ציון הפיזיקה בבגרות, או מספר מועדי הבחינה שביצע התלמיד עד שהצליח בקורס פיזיקה 1 מ'). קבוצת שאלות שניה התמקדה בהרגלי הלמידה של הסטודנט, כגון מספר השעות השבועיות שהוקדשו ללימוד תיאוריה ומספר השעות שהוקדשו לפתרון תרגילים, אחוזי ההצלחה בפתרון תרגילים, תדירות ההשתתפות בסדנאות (בהן לא קיימת חובת נוכחות). קבוצת היגדים שלישית נועדה לבדוק את התנהגות הסטודנט בזמן בחינה. למשל כמה פעמים קורא שאלה לפני שמתחיל לפתור אותה? בחלק האחרון של השאלון נאספו דעות הסטודנטים כלפי מידת נחיצות הרקע המתמטי הדרוש ללימוד פיזיקה.

אוכלוסיית המחקר

בין שישה הסטודנטים שהשתתפו בראיונות היו שני סטודנטים שעברו בהצלחה את מבחן אמצע הסמסטר וארבעה נכשלו בו. מבחן אמצע הסמסטר כלל שתי שאלות. כל הסטודנטים זכו בציונים גבוהים משמעותית בשאלה ראשונה לעומת ציוני השאלה השנייה.

כל 61 הסטודנטים שהשיבו לשאלון עברו בהצלחה את הקורס פיזיקה 1 מ' בעברם. ביניהם 41 סטודנטים שעברו את מבחן סוף הסמסטר בפעם הראשונה שניגשו אליו (מועד א') וכאלו שזקקו לשני מועדים ואף יותר (למדו את הקורס מספר

תלמידיהם. הם הסיקו כי השתתפות במחקר עשויה לשפר את מודעות המורים לתכונות רלוונטיות של תלמידיהם ולהובילם להוראה ממוקדת תלמיד [16]. החוקרים Ornek et al. חקרו דעות של סטודנטים, עוזרי הוראה ומרצים, ביחס לגורמים המשפיעים על הקושי בלימודי הפיזיקה וכיצד ניתן להתגבר על קשיים אלו. הם מצאו כי לעוזרי ההוראה ולסטודנטים יש דעות כמעט זהות לגבי הגורמים לקשיים בלימודי הפיזיקה, אך ההבדל בין דעות הסטודנטים ודעות המרצים היה כה גדול שהביא את החוקרים לשאול "האם המרצים והסטודנטים חיים בשני עולמות נפרדים?". החוקרים מציעים שהמרצים ימצאו את הדרך "להגיע אל הסטודנטים שלהם ולעשות את המושגים הפיזיקליים מובנים לסטודנטים שלהם" [17, עמ' 34].

שאלות המחקר

מטרת המחקר הינה לברר את נקודת המבט של הסטודנטים לגבי השאלות הבאות:

1. מה יכול לעזור לסטודנטים להצליח בלימוד קורסים בפיזיקה מורחבת?
2. מהם הגורמים המונעים מסטודנטים להצליח בלימודי קורסים בפיזיקה מורחבת?

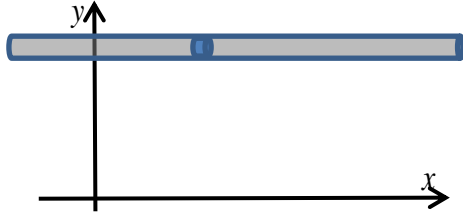
מתודולוגית המחקר

אחרי מבחן אמצע הסמסטר בקורס פיזיקה 1 מ', הוזמנו 13 סטודנטים להשתתף בראיונות אישיים. אחדים מהמוזמנים הצליחו יפה במבחן אמצע הסמסטר ואחדים נכשלו. מטרת הראיונות הייתה ללמוד מהסטודנטים המצליחים מה עזר להם להצליח במבחן, לפי דעתם. כמו כן, לנסות להבין את דרכי החשיבה ולברר מה היו המכשולים, אשר מנעו מהסטודנטים שנכשלו, להצליח גם הם. ששה סטודנטים השתתפו בראיונות עומק שנמשכו בין 30 ל-40 דקות כל אחד. מספר תובנות שעלו מראיונות אלו מתוארות בפרק הממצאים.

כח משמר פועל על גליל קטן בעל מסה m (ראה איור 1). הכח מוגדר על ידי:

$$\vec{F}(x, y, z) = (-\alpha y^2 + 2\beta xy^3)\hat{x} + (3\beta x^2 y^2 - 2\alpha xy)\hat{y}$$

כאשר α, β הם מקדמים קבועים ואילו (x, y, z) מציינים את מיקום הגליל.



איור 1 : איור לשאלה 2

א. מצא את האנרגיה הפוטנציאלית $U(x, y, z)$

אם ידוע ש $U(0, 0, 0) = 0$

ב. אם אינך יכול לפתור את סעיף א', השתמש

בביטוי הבא $\frac{\alpha}{a} \left(xy^3 - \frac{\beta}{a} a^2 x^2 y^2 \right)$ והמשך

לסעיף ג'. המשך השאלה מתייחס לאיור 1 המתאר גליל קטן המסוגל לנוע ללא חיכוך לאורך צינור אופקי ארוך הממוקם בקואורדינטות: $y = a > 0; z = 0$. הכוחות היחידים הפועלים על הגליל הקטן הם הכח

\vec{F} והכח המופעל על ידי הצינור (הארוך).

ג. רשום ביטוי לכח הפועל על הגליל הקטן.

ד. הגליל הקטן מתחיל לנוע מ $x = 0$ במהירות

התחלתית $V_0 \hat{x}$. מה יהיה המיקום הבא x_0

שבו תהיה לגליל הקטן אותה המהירות

$V_0 \hat{x}$ כמו בהתחלה? בטא את x_0 במונחים

של α, β, a . מה חייבת להיות המהירות

המינימלית של V_0 כדי להגיע לנקודה

? $x = x_0$

ה. מה תהיה מהירות הגליל הקטן כאשר יגיע

לנקודה $x = 0.5x_0$?

ו. מה תהיה מהירות הגליל הקטן כשיגיע

לנקודה $x = x_0$?

פעמים). תשובותיהם של 41 הסטודנטים שהצליחו במבחן סוף הסמסטר בפעם הראשונה נכללות בחלק הכמותי של המחקר המתייחס לקשר שבין הרגלי הלמידה ובין הישגים. לעומת זאת, תשובות כל 61 המשיבים ביחס למידת העומק והידע המתמטי הדרוש ללימודי פיזיקה, משמשות להסקת מסקנות בנושא זה.

תיאור הקורס פיזיקה 1מ'

הקורס פיזיקה 1מ' נלמד במהלך סמסטר אחד בן 14 שבועות לימוד. בכל שבוע שלוש שעות הרצאה, שתי שעות תרגול, שתי שעות מעבדה ושעה אחת - סדנת עזרה בפתרון בעיות לסטודנטים המעוניינים בכך. המטרות הלימודיות של הקורס הן: הבנת עקרונות של מכניקה קלאסית, השגת מומחיות בשימוש בכלים מתמטיים לפתרון בעיות בפיזיקה, רכישת יכולת חשיבה ביקורתית ויכולת להתמודד עם בעיות בלתי מוכרות. נושאי הקורס הם: קינמטיקה, חוקי ניוטון, תאוצה, עבודה ואנרגיה, מומנט, מערכת רבת חלקיקים, תנודות, מכניקה של גוף קשיח וגרביטציה. בתום תקופת הלימוד, במשך ארבעה שבועות מתקיימות בחינות מועד א' בכל קורסי הלימוד (כשש עד שמונה בחינות לכל סטודנט) ואחריהם שבועיים למועדי ב'. בדרך כלל ישנם כארבעה ימים נקיים ממבחנים לפני בחינות בפיזיקה 1מ'. הציון הסופי בקורס נקבע לפי: 20% למבחן אמצע סמסטר, 10% לבוחן תרגילי בית, 20% למעבדות ו 50% למבחן הסופי. על מנת שציוני הביניים יכללו בציון הסופי של הקורס, חייבים הסטודנטים להשיג ציון 45 לפחות בבחינת סוף הסמסטר.

מבחן אמצע הסמסטר

מבחן אמצע הסמסטר כלל שתי שאלות. השאלה הראשונה הייתה ברמת קושי סבירה כך שהסטודנטים השיגו ציונים סבירים, לעומת זאת השאלה השנייה שהייתה מאתגרת מוצגת כאן:

תוצאות איכותניות

הראיונות עם הסטודנטים התייחסו בעיקר להרגלי הלמידה ולדרכי החשיבה של הסטודנטים במהלך בחינת מחצית הסמסטר. מחברות הבחינה שלהם נבדקו ונותחו על ידי מרצה הקורס והעתק שלהן שימש את המראיינים במהלך הריאיון. ארבע תובנות הופקו מהראיונות.

הסטודנטים שהצליחו בבחינה קראו את שאלות הבחינה יותר מפעם אחת ווידאו שהם מבינים את השאלות לפני שהתחילו להשיב. להלן ציטוט אופייני של סטודנטים שנהגו כך:

הערה: להבטחת אנונימיות של הסטודנטים הוחלפו שמותיהם בסטודנט 1, סטודנט 2 וכך הלאה.

סטודנט 1: "אני צריך לקרוא את השאלה מספר פעמים כדי להבין."

סטודנט 2: "אני קורא את השאלה פעמיים לפני שאני עונה, פעם ראשונה ברפרוף ואחר כך פעם שניה לאט יותר כדי להבחין בפרטים."

מצד שני סטודנט 3, שלא הצליח בבחינה, נשאל כמה זמן הקדיש לקריאת השאלה בבחינה לפני שהתחיל להשיב עליה? והשיב בקצרה "דקה אחת."

הסטודנטים שהצליחו בבחינה דיווחו על כך שהשקיעו חלק נכבד מזמן הלימוד העצמי להבנת התיאוריה לפני פתרון תרגילי הבית. לעומתם התלמידים שנכשלו בבחינה נגשו לפתרון תרגילי הבית מבלי לחזור על לימוד התיאוריה. להלן ציטוטים אופייניים מתוך הראיונות עם הסטודנטים:

סטודנט 1 שהצליח בבחינה אמר: "בהתחלה תרגלתי טכניקה בלבד ולא הצלחתי לפתור שאלות; עכשיו אני משקיע 70% מזמני בלימוד תיאוריה. אני קורא את המחברת שלי אפילו 10 פעמים עד שאני מבין."
לעומתו סטודנט 3 אמר:

"כשאני מכין עצמי לבחינה אני פוחד לבזבז זמן. אני צריך לפתור תרגילים. הזמן שלי יותר מדי יקר, אני לא יכול לבזבז אותו על תיאוריה. אנחנו,

הסטודנטים, מנסים לנחש איזה שאלות יהיו בבחינה. אין לנו זמן."

ואילו סטודנט 4 אמר:

"ללמוד תיאוריה?! אי אפשר ללמוד שום דבר מתאוריה הרשומה במחברת."

כל התלמידים דיווחו על קשיים במתמטיקה. למשל, המראיינים הציגו בפני סטודנט 5 את מחברת הבחינה שלו ושאלו אותו: "האם הבנת את השאלה?"

סטודנט 5 השיב: "אני הבנתי מה צריך לעשות אבל לא ידעתי איך לחשב את האינטגרל."

ואילו סטודנט 6 אמר: "אני תמיד "נתקע" עם מתמטיקה. כשאני רואה הרבה מתמטיקה אני נכנס לפניקה. ביטויים מתמטיים מסובכים מפחידים אותי."

מהראיונות עולה כי יש סטודנטים המאבדים את ביטחונם העצמי ועוזבים את חדר הבחינה לפני סיום הזמן הרשמי של הבחינה. סטודנטים אחרים הצהירו שהפחד מפני הבחינה חסם את חשיבתם הרציונאלית. הציטוטים הבאים תומכים בהצהרת הסטודנטים.

סטודנט 3 עזב את חדר הבחינה 10 דקות לפני סיום זמן הבחינה. בראיון הוא הסביר: "עשיתי כל מה שיכולתי, הייתי תשוש. איבדתי את דרכי בשאלה השנייה ולא יכולתי לחשוב."

במהלך הריאיון חזר סטודנט 6 פעמים אחדות על האמירה: "כן. היה משהו כזה בשיעורי הבית אבל לא יכולתי להיזכר בזה במהלך הבחינה."

תוצאות כמותיות

ניתוח הנתונים הכמותיים, שנאספו באמצעות השאלון, מוצג בטבלאות 1 ו 2. מטבלה 1 אפשר לראות שממוצע הציונים (ציוני הקורס הסופיים) של סטודנטים שהשקיעו לפחות 40% מזמנם ללימוד תיאוריה הוא 75.5 בעוד שהציון הממוצע של אלו שהקדישו פחות זמן ללימוד תיאוריה הוא 68.6 בלבד. במבחן T התקבל p-value שערכו 0.032 ערך זה מראה שההפרש בין ציוני הקבוצות הינו מובהק

סטטיסטית. יצוין כי למרות ש 61 סטודנטים השיבו לשאלון, הנתונים בטבלה 1 מתייחסים רק ל 41 סטודנטים אשר עברו בהצלחה את מבחן סוף הסמסטר בניסיון ראשון שלהם.

אחוז זמן המוקדש לתיאוריה	N	ציון ממוצע בקורס	סטיית תקן	P-Value
0 - 39%	27	68.6	8.7	
40 - 100%	16	75.5	10.7	
הפרש		6.9		0.032

טבלה 1: הישגי הסטודנטים שהדגישו לימוד תיאוריה בהשוואה לחבריהם שלא נהגו כך

תובנה שנייה העולה מהנתונים הכמותיים היא שסטודנטים מחשיבים את הכישורים המתמטיים כחשובים ביותר להצלחה בלימודי הפיזיקה. הם ציינו במיוחד את חשיבות הידע בנושא משוואות דיפרנציאליות. טבלה 2 מסתמכת על הדעות של כל 61 הסטודנטים שהשיבו לשאלון. בנוסף להערכת הצורך במתמטיקה לשם לימודי הפיזיקה, העריכו הסטודנטים גם את שליטתם הם בנושאים המתמטיים השונים. כל הציונים המוצגים בטבלה 2 הם בסולם של חמש דרגות (ליקרט). נערכו מבחני T לבדיקת מובהקות ההפרש בין מידת המומחיות הדרושה במתמטיקה לבין מידת המומחיות שיש לסטודנטים (לדעתם) במתמטיקה.

מידת המומחיות הדרושה במתמטיקה	מידת המומחיות של המתמטיקה	מידת המומחיות הדרושה במשוואות דיפרנציאליות	מידת המומחיות של המומחיות של המומחיות	T-Test
4.1	3.1	3.5	3.0	
p-value: 0.00002		p-value: 0.037		

טבלה 2: עמדות הסטודנטים כלפי המיומנות הדרושה במתמטיקה

תוצאות טבלה 2 מצביעות על כך שהכישורים המתמטיים מאוד חשובים בעיני הסטודנטים. הפער בין מידת המיומנויות הדרושות לבין מידת המיומנויות המצויות אצל הסטודנטים, לדעתם, הינו מובהק סטטיסטית.

דיון

גם התוצאות הכמותיות וגם התוצאות האיכותניות של מחקר זה, מצביעות על כך שהסטודנטים אכן

נתקלים בקשיים בלימודי הפיזיקה. מהראיונות ניתן לראות שהסטודנטים המצליחים השקיעו חלק מזמן הלמידה העצמית שלהם ללימוד תיאוריה, על חשבון פתרון תרגילים. ההשפעה החיובית של פעילות לימוד התיאוריה על ההישגים נתמכת גם על ידי התוצאות הכמותיות של המחקר, מהן נובע שהסטודנטים שהשקיעו 40% או יותר מזמן הלימוד העצמי שלהם, כפי שהומלץ על ידי מרצה הקורס בראשית הסמסטר, השיגו בממוצע כמעט שבע נקודות יותר מחבריהם שלא נהגו כך.

כל הסטודנטים סבורים ששליטה במיומנויות המתמטיות הכרחית ללימודי הפיזיקה כמו כן הם חושבים שאין להם מידת המיומנות המתמטית המספקת. הם ציינו את מידת המיומנות הדרושה כ 4.1 מתוך 5 בעוד שאת המיומנות שיש להם רק 3.1 מתוך 5. זהו פער משמעותי.

הסטודנטים שהצליחו פחות, מאמינים שהשקעת זמן ללימוד תיאוריה היא בזבוז זמן. הם מעדיפים לפתור עוד ועוד תרגילים בתקווה שבמבחן תופענה שאלות דומות לאלו שהם פתרו.

הסטודנטים שהצליחו פחות במבחן סיפרו בראיונות שהם נכשלו בהתמודדות עם המתמטיקה הדרושה בבחינה, מה שגרם להם, לדעתם, לחסימת יכולת החשיבה הבהירה שלהם. אחדים מהסטודנטים אף ציינו שנכנסו לפניקה.

סטודנטים שנכשלו במבחן אמצע הסמסטר דיווחו על כך שלא מיצו את זמן הבחינה עד תום וחלקם ציינו גם שלא קראו את שאלות הבחינה בצורה יסודית.

על סמך תוצאות מחקר זה ניתן להמליץ בפני מורי הפיזיקה ובפני מתכנני תכניות הלימודים לחזק את היכולות המתמטיות של הסטודנטים, לעודד את הסטודנטים להשקיע יותר זמן לחיזוק הידע התיאורטי שלהם ולהמשיך את המחקר בנושא הנדון, על מנת לסייע בידי הסטודנטים להתמודד בהצלחה רבה יותר עם קורסי הפיזיקה.

מקורות

1. Technion, undergraduate catalog 2013/2014 2014, October 15 2014, http://webee.technion.ac.il/uploads/file/Undergraduate/Catalog_2013_14.pdf (In Hebrew).
2. Tel Aviv University, undergraduate catalog 2014/2015 2014, October 15 2014, http://www.eng.tau.ac.il/index.php?option=com_content&view=article&id=226&catid=36&Itemid=393&language=en-GB
3. Berkeley, undergraduate handbook 2013/2014 2014, October 15 2014, <http://www.eecs.berkeley.edu/Programs/Notes/section2.shtml>
4. Trotskovsky, E., Waks, S., Sabag, N. and Hazzan, O., Students' misunderstandings and misconceptions in engineering thinking. *International Journal of Engineering Education*, 29, 1, 1–12 2013.
5. Sabag, N., Raz, E. Analysis of Electrical and Electronics Students' Obstacles in Studying Physics – Work in progress, *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol. 12, No. 4, 2014, pp. 655-660.
6. Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E. and Dickson, D., Why aren't secondary students interested in physics?, *Physics Education*, 38,4, 324-329 2003.
7. Ogunleye, A.O., Teachers' and Students' Perceptions of Students' Problem-Solving Difficulties in Physics: Implications for Remediation, *Journal of College Teaching & Learning*, 6, 785-796 2009.
8. Angell, C., Guttersrud, O., Henriksen, E. K. and Isnes, A., Physics: Frightful, But Fun Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching, *Wiley InterScience*, 2004. DOI 10.1002/sce.10141
9. Boe, M. V. and Henriksen, E. K., Love It or Leave It: Norwegian Students' Motivations and Expectations for Postcompulsory Physics, *Science Education*, *Wiley Online Library*, 2013.
10. Erinosh, S.Y., How Do Students Perceive the Difficulty of Physics in Secondary School? An Exploratory Study in Nigeria, *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, Special Issue Volume 3 Issue 3, 2013.
11. Smigiel, E. and Sonntag, M., A paradox in physics education in France, *IOP Science*, October 23 2014, <http://iopscience.iop.org/0031-9120/48/4/497/article>
12. Kim, M. C. and Hannafin, M.J., Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice, *Computers & Education*, 56, 403–417 2011.
13. Gire E. and Rebello, N. S., Investigating the Perceived Difficulty of Introductory Physics Problems, *Physics Education Research Conference*, edited by C. Singh, M. Sabella, and S. Rebello, American Institute of Physics, 2010.
14. Taasobshirazi, G. and Carr, M., A review and critique of context-based physics instruction and assessment, *Educational Research Review*, 3, 155–167 2008.
15. Thompson, J. R., Warren M. Christensen, W.M. and Wittmann, M. C., Preparing future teachers to anticipate student difficulties in physics in a graduate-level course in physics, pedagogy, and education research, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 7, 010108 2011. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.7.010108
16. Yerushalmi, E. Eylon, B-S. and Seggev, R., Teachers' Investigation of Students' Self-Perceptions Regarding Physics Learning and Problem-Solving, *Physics Education Research Conference*, edited by J. Marx, P. Heron, and S. Franklin, American Institute of Physics, 2004.
17. Ornek, F., Robinson, W. R. and Haugan, M. P., What makes physics difficult?, *International Journal of Environmental & Science Education*, 3, 1

פעילות חוצה מגמות טכנולוגיות במסגרת מרכז המורים

”מור-טק”

- ד”ר יואב ארמוני הציג השפעות אפשריות של הטכנולוגיה על החינוך בעתיד. ד”ר ארמוני שיתף את המורים בשינויים המתחוללים בטכנולוגיה בכלל ובמקצוע ההוראה בפרט וסקר את המיומנויות הרלוונטיות למאה ה-21.

תקשורת המדע והטכנולוגיה:

- פרופ' אילת ברעם-צברי מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון ספרה על לקחים ושימושים של תקשורת המדע בעידן המידע. פרופ' ברעם-צברי הדגישה את חשיבותה של העברת מידע מדעי באמצעות כלי התקשורת והציגה מודלים שונים לתיווך מדע לציבור הרחב במטרה לגשר בין עבודת המדענים לבין תכניות טלוויזיה ועיתונות פופולרית אליהם נחשף כלל הציבור.

יוזמות מורים:

- מרק טסליצקי, מבית הספר הטכני של חיל האוויר בחיפה, הציג את יתרונות הלימוד והקשיים סביב הפרויקט הטכנולוגי ואת הפרויקטים מנקודת מבטו של המנחה.
- איאהב סברא מבית הספר נזירות בחיפה סקר את נושא ההערכה החלופית ושיתף את המורים בשיטות העבודה אותן אימצו בבית ספרו, בליווי דוגמאות של

בהתבסס על ניתוח פעילות מור-טק בשנים האחרונות, נראה כי קיימים נושאים רבים המשותפים והחוצים את המגמות הטכנולוגיות. בהתאם, המרכז שם השנה דגש על פעילויות חוצות מגמות. במסגרת הפעילויות התקיימו בטכניון יום עיון במחצית הראשונה של שנה”ל תשע”ו ובהמשך – השתלמות חוצה מגמות טכנולוגיות למורות ומורי המגמות: אלקטרוניקה וחשמל, ביוטכנולוגיה, מדעית הנדסית ומכונות.

בנוסף, מרכז המורים העביר סקר בין מורי המגמות המתייחס לנושאים בהם המורים מעוניינים להתמקד. מבין שלל הנושאים, נבחרו תחומים הדנים ב- א. עתידנות בהיבט של החינוך הטכנולוגי ו- ב. תקשורת המדע וטכנולוגיה. נושאים אלו קיבלו חשיפה ביום העיון. להלן הנושאים:

עתידנות בחינוך:

- ד”ר ענת אבן זהב מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון תיארה מחקר על ניהול סיכוני החינוך הטכנולוגי בישראל והציגה את עקרון השיתופיות כאסטרטגית טיפול בסיכונים תפיסתיים. ד”ר אבן זהב התמקדה בחשיבות גיבושה של תפיסה אסטרטגית לניהול החינוך למדע וטכנולוגיה על ביסוס שותפות בין מגזרית, על מנת לשמר את תפקיד מערכת החינוך כאחראית לחינוך הציבורי ובו בזמן, לאפשר גם למגזרים אחרים להשיג את יעדי החינוך.

פרויקטים בהם עסקו התלמידים. כחודש לאחר יום העיון התקיימה השתלמות חוצה מגמות, בה השתתפו 20 מורים ממגמות אלקטרוניקה, מדעית הנדסית ומכונות. את ההשתלמות הובילו פרופ' אורית חזן, פרופ' אילת פישמן וד"ר אהרון שחר. נושאי ההשתלמות ודגשי ההשתלמות הוגדרו על בסיס דיונים בין המורים המשתתפים בסדנה. הנושאים שהודגשו בהשתלמות התמקדו בהעצמה וטיפול לימוד סביב פרויקטים רב תחומיים ובין תחומיים תוך חיזוק האינדיבידואלית של כל תחום; חיזוק הקשר בין תוכנית הלימודים בכל מגמה לשלבי התקדמות בבניית הפרויקט; והערכה חלופית, תוך התייחסות לדרישות מבוגרי/ות מערכת החינוך במאה ה-21. כחלק מההשתלמות, המורים צוותו לקבוצות עבודה של כחמישה מורים. מטרת הקבוצה הייתה לקדם פרויקט גמר, כאשר, כל משתתף יוכל להציג תת מערכת שתעמוד בקריטריונים של 5 יח"ל במקצוע ההתמחות. לדוגמה, אחת הקבוצות פתחה צוללת. הקבוצה כללה מורים מהמגמות אלקטרוניקה, מדעית הנדסית ומכונות. הנושאים בהן התמקדה מגמת

האלקטרוניקה היו חיישניים, תקשורת והנעה מבוקרת מחשב. הנושאים שנידונו השייכים למגמת מכונות היו חוזק, ציפה, הנעה ובקרה. הנושאים שהודגשו מהמגמה המדעית הנדסית היו חמצן, נשימה וניווט לווייני.

בנוסף, במהלך ההשתלמות, המורים הציגו פתרונות לקשיים שעלו תוך כדי ההשתלמות. לדוגמה, עלה הקושי לקדם פרויקט המורכב מתחומים ומגמות שונות ולסנכרון שעות הלימודים במערכת השעות במהלך שנה"ל. אחד המורים הציג פתרון בעזרת תרשים "גאנט", שבו נעשה שימוש נרחב בתעשייה ועשוי לענות על הבעיה. כמו כן, במהלך ההשתלמות המורים ערכו סיור במרכז הטכנולוגי בחיפה (תמונה 1). בטכניון, נחשפו המשתתפים לעבודת המדענים במעבדות לביוטכנולוגיה בנושא "עור אלקטרוני" ובפולטה למדעי המחשב בנושא "האינטרנט של הדברים".

משיחות המשוב שנערכו עם המורים ניתן לומר כי יום העיון וההשתלמות פתחו פתח לגישות הוראה מתקדמות בקרב קהילת המורים בחינוך הטכנולוגי תוך עידוד השותפות והשיח בקהילת המורים.



תמונה 1: משתתפי ההשתלמות בסיור במרכז הטכנולוגי בחיפה

מהם הסיכונים האסטרטגיים של החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל? וכיצד נטפל בהם?

ענת אבן זהב, , אורית חזן

של ישראל כמעצמת היי טק; כך, הם עשויים להיות לאחת מאבני הבניין של המשק ולתרום להמשך קיומו ושגשוגו של המשק הישראלי. לא פחות חשוב מזה: הרחבת הידע במדע וטכנולוגיה מהווה חלק מהשכלה כללית הדרושה לכל אזרח בהווה ותידרש ביתר שאת בעתיד.

כבר שנים מתקיים שיח ציבורי בנושאי החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל: אנשי **אקדמיה** מתריעים על היצע נמוך של בוגרי מערכת החינוך המעוניינים בלימודים מתקדמים במקצועות מדעיים וטכנולוגיים; **תעשיינים** רבים מביעים לא אחת את דעתם ביחס למחסור בבוגרי החינוך למדע וטכנולוגיה; ו**צה"ל** נדרש לקיים מערך הכשרה כדי להתמודד עם פערים ברמת ההכשרה המדעית-טכנולוגית של בוגרי מערכת החינוך.

הצורך בעליית **מספרם של תלמידים** הבוחרים במקצועות המדע והטכנולוגיה והמחסור הצפוי במורי מדעים וטכנולוגיה מעלים שאלות רבות ביניהם: האם מדינת ישראל משקיעה מספיק ונכון בחינוך למדע וטכנולוגיה? **האם קיימת ומתקיימת חשיבה מסודרת בדבר המדיניות** שיש לנקוט כדי למלא את המחסור **במורים ובתלמידים**? במקצועות אלה?

בדיון בנושא זה לא תמיד נשמע קולם הבהיר והחשוב של המורים עצמם, **אנשי ונשות חינוך**, כמו גם של בעלי עניין נוספים בחינוך למדע

מחקר דוקטורט¹ שהתבצע בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, יושם **תהליך ניהול סיכונים** עבור החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל בדומה למתקיים בארגונים עסקיים. ממצאי המחקר מציגים **סיכונים אסטרטגיים** המבטאים **תפיסות בחברה הישראלית**. ביניהם, תפיסות חברתיות ביחס לחינוך למדע וטכנולוגיה בישראל; ההכרה הציבורית לה זוכים המורים בישראל; ופערים מגזריים הנובעים מתפיסות מושרשות בחברה הישראלית ומתהליכים שחוללו אותן. תכנית התגובה לסיכונים מציעה דרכי פעולה לטיפול בסיכונים האסטרטגיים בעזרת **שיתוף בעלי העניין בחינוך למדע וטכנולוגיה בישראל**.

גיבוש תפיסה אסטרטגית לניהול החינוך למדע וטכנולוגיה בכל מדינה, ובפרט במדינת ישראל, הוא עניין קריטי לכל אחד מאתנו. **כל אזרח ואזרחית החיים בישראל, מבינים את הצורך לשפר את מערכת החינוך בכלל, ואת החינוך למדע וטכנולוגיה.**

היעדים של החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל מדגישים את חשיבות בנייתו של כח אדם איכותי בתחומים אלה. תלמידי ותלמידות מערכת החינוך המצטיינים במדע וטכנולוגיה אמורים להפוך לחיילים וחיילות המשרתים ביחידות רגישות, ולאחר מכן לאנשי ונשות מחקר ומעשה בטכנולוגיות העלית, שישמרו על היתרון האיכותי

וטכנולוגיה בישראל התורמים במגוון דרכים לחינוך בתחומים אלה בישראל: **אנשי ונשות אקדמיה, תעשייה, צה"ל ופילנתרופיה.**

המחקר שבצענו בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון התמקד **בתפיסות של בעלי העניין השונים בחינוך למדע וטכנולוגיה** ביחס לאתגרים שהחינוך למדע וטכנולוגיה בישראל ניצב מולם. ומשתתפי המחקר נבחרו מחמש קבוצות בעלי עניין אלה: אנשי ונשות חינוך, אקדמיה, תעשייה, צבא ופילנתרופיה.

במחקר יושם לראשונה **תהליך ניהול סיכונים** עבור החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל בדומה למתקיים בארגונים עסקיים.

ממצאי המחקר מצביעים על **סיכונים אסטרטגיים** שהם למעשה **תפיסות בחברה הישראלית.** סיכונים אסטרטגיים אלו מהווים איום בהשגת יעדי החינוך למדע וטכנולוגיה ובמחקר הם דורגו ברמת חומרה גבוהה ע"י בעלי העניין.

במחקר אפיינו ארבעה סיכונים אסטרטגיים: מעמד מקצוע ההוראה בחברה הישראלית; הדימוי הציבורי של החינוך הטכנולוגי בישראל; תפיסות שליליות ביחס למקצועות מדעיים; ופערים מגזריים.

1. מעמד מקצוע ההוראה בחברה הישראלית: סיכונים אלה קשורים במגוון המצומצם של ההזדמנויות לקידום בקריירת ההוראה המוצעות למורי מדע וטכנולוגיה, במעמדם בחברה הישראלית, בשכרם ובתנאי עבודתם. זיהינו עימות בין תפיסת המורים את עצמם כאנשי ונשות מקצוע, בעלי השכלה אקדמית בתחום הוראתם, המעוניינים להמשיך ולהתפתח מבחינה מקצועית,

לבין מעמדם בציבור: הקהילה, התלמידים, וההורים.

נציין שמדינות הצליחו להפוך את מקצוע ההוראה לאטרקטיבי באמצעות חיזוק מעמד המורה. מדינות אלו השיגו את השינוי בשתי דרכים: א. בניית אופק תעסוקתי מבטיח לקריירה מעניינת עבור מורים. ב. הכשרת מורים איכותית³.

יותר מכך, למרות ששכר והכנסה אינם נתפסים כמרכיבים מרכזיים במניעים לבחירה בהוראה, הם משפיעים על מעמד מקצוע ההוראה. הם משליכים על רמת איכות החיים, הכנסת משק הבית, ומהווים גורם משפיע **ביוקרת המקצוע.** מורי ומורות למדע וטכנולוגיה, ביניהם מורים חדשים שהצטרפו לאחר קריירה בצה"ל או בתעשייה, ביטאו מניעים **פנימיים**, כמו סיפוק אישי והגשמת ייעוד, ככאלו שהובילו אותם לעסוק בהוראה. עם זאת, חשיבותם של מניעים **חיצוניים**, כמו שכר ותנאי עבודה, עלתה לא פעם כאיום על המשך עבודתם במערכת החינוך⁴.

2. הדימוי הציבורי של החינוך הטכנולוגי בישראל: מעמדו של החינוך הטכנולוגי בישראל הוא פועל יוצא של תהליכים הסטוריים שעבר החינוך המקצועי-טכנולוגי⁵ בעשורים הראשונים לקום המדינה. ביקורת ציבורית בעניין הסללת מגזרים בחברה הישראלית הביאה להקמת ועדת הררי בסוף שנות השמונים ולהמלצות הבאות: ביטול הסללה, צמצום מספרן של מגמות מקצועיות, צמצום ההכשרה המעשית והרחבת הבסיס המדעי-עיוני, וגמישות בבחירת מקצועות ונגישות לבחינות בגרות⁶. תהליכים אלו הביאו לצמצום משמעותי של החינוך המקצועי-טכנולוגי בעשורים האחרונים המתבטא בצמצום במספר הלומדים בנתיב הטכנולוגי ולמחסור בבוגרים בתעשייה. בקרב משתתפי המחקר – מורים ומורות

למקצועות טכנולוגיים ובעלי עניין מצה"ל והתעשייה – היתה הסכמה כי מעמדו הנמוך של החינוך הטכנולוגי, תכניו ויישומיו בשוק העבודה הנוכחי והעתידי, מהווה סיכון אסטרטגי עבור המדינה והחברה בישראל.

3. תפיסות שליליות ביחס למקצועות מדעיים :

תפיסות של תלמידים והוריהם ביחס למקצועות המדעים מוכרות גם במערכות חינוך בעולם. למקצועות המדעיים, מיוחס דימוי "לא אטרקטיבי" ו"לא פופולרי" מבחינה חברתית⁷. בנוסף על כך, מקצועות המדעים (פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ברמת בחינה של 5 יח"ל), המתמטיקה ומדעי המחשב (ברמת בחינה של 5 יח"ל) נתפסים כקשים בעיני התלמידים ולכן הם ממעטים לבחור בהם. במחקר זהו תפיסות המתייחסות לרמת הקושי הגבוהה שמייחסים תלמידים למקצועות מדעיים, כמו למשל, "איני מוכשר/ת ללמוד מדעים" ו-"עדיף ללמוד מקצועות קלים". משתתפי המחקר ציינו את התפתחות התפיסות שליליות ביחס למקצועות המדעים כבר בגילאים הצעירים (בית ספר יסודי וחטי"ב) ויחסו זאת גם לאיכות ההוראה בשלבים אלו הנובעת מהיעדר התמחות מורים במקצועות מדעיים.

4. פערים מגזריים :

יצוגם הנמוך בחינוך המדעי של מגזרים מסוימים: פריפריה כלכלית וחברתית, המגזר החרדי, נשים, והמגזר הערבי. ייצוגם הנמוך של תלמידים ממגזרים אלו באוכלוסיית הנבחנים בבחינות הבגרות ברמות הגבוהות במקצועות מדעיים נובע ממאפיינים חברתיים ותרבותיים יחודיים ומתהליכים הסטוריים.

• בהתייחס למגזר החרדי, מאפיין תרבותי ותהליכי הוביל לכך שלימודי מדע

וטכנולוגיה אינם נלמדים בבתי ספר חרדיים לבנים. הרכבה הרב-תרבותי של מדינת ישראל הביא לקיומם של זרמים בחינוך, ולהקמת מסגרות חינוך שונות, ביניהם מסגרות חינוך לאוכלוסייה החרדית⁸. הכרה זו לא לוותה בהסדרים חוקיים ברורים והביאה לשונות בדפוסי הפעולה של מסגרות החינוך המתבטאת גם בשונות בתכנים הלימודיים. תהליך זה הביא לכך שלימודי מדע וטכנולוגיה אינם מחוייבים בבתי ספר חרדיים לבנים.

• ייצוגם המצומצם של תלמידי פריפריה חברתית כלכלית ותלמידי המגזר הערבי במגמות המדעיות והטכנולוגיות בהם נדרשת רמת לימוד גבוהה של מקצועות מדעיים, משקף את התהליך ההסטורי של הסללת מגזרים אלו למסלולי החינוך המקצועי, עליו מובעת ביקורת ציבורית בחברה הישראלית.

• יצוגם הנמוך של נשים בחינוך למדע וטכנולוגיה. ניכר כי תלמידות ממעטות לבחור במקצועות מדע וטכנולוגיה ביחס לתלמידים (בנים). בפרט, ניכר פער במקצועות המתמטיקה והפיזיקה ובמקצועות הנתיב הטכנולוגי, כדוגמת מדעי המחשב ואלקטרוניקה. בראיונות עם משתתפי המחקר הועלתה טענה כי קיימת נטייה של בעלי ובעלות תפקיד בבית הספר להפנות תלמידות לבחירת לימוד מקצועות מתמטיקה ומדעים ברמה נמוכה. עם זאת, נשות צבא הביעו את הצורך בגידול במספר המתגייסים למערך הטכני והטכנולוגי בצה"ל ובתוך כך את

הנסיונות להגדיל את מספר המתגייסות למערכים אלו.

סיכונים אסטרטגיים עלולים לסכל את השגת יעדי החינוך למדע וטכנולוגיה בישראל. לפיכך, יש לטפל בסיכונים אלו באופן אקטיבי על מנת למתנם⁹. משמע, יש לטפל בתפיסות החברתיות!

תכנית התגובה לסיכונים האסטרטגיים מציגה

תכנית פעולה כוללת לניהול הסיכונים

האסטרטגיים. עמדת משתתפי המחקר היא כי על הטיפול בסיכונים להיעשות **בשיתוף בעלי העניין בחינוך למדע וטכנולוגיה**.

במחקר מוצעות דרכי פעולה רבות. נציין אחדות מהן:

○ ניידות מורי מדע וטכנולוגיה: חיפוש דרכים שתאפשרנה למורי מדעים וטכנולוגיה יכולת השתלבות הן במערכת החינוך, כמורים, והן בתעשייה, בתפקידים בהם יוכלו ליישם את כישוריהם. התייחסות לקריירת ההוראה כרצף של התנסויות מקצועיות לאורך החיים¹⁰ עשויה לשפר את מעמד מורי המדעים וטכנולוגיה ולמתן את סבירות מימושו של סכון זה.

○ השתכרות משולבת: שיפור ההכנסה של מורי המדעים והטכנולוגיה באמצעות תעסוקה בתעשייה. דרך זו תאפשר למורים עבודה במקביל במערכת החינוך ובתעשייה. דרך פעולה זו עשויה להביא לשיפור שכרם של מורי המדעים והטכנולוגיה.

○ מסלולי לימוד אטרקטיביים ויעוץ קריירה לתלמידים: בניית מסלולי לימוד

טכנולוגיים ותכניות להכוונת קריירה בהקשר לשוק העבודה הנוכחי והעתיד בשיתוף גורמים מצה"ל והתעשייה;

○ חשיפת תלמידים לגופים ונציגים מתעשיית ההייטק: יוזמות לשיתוף עם גופים תעשייתיים ומדעיים העשויות להוות תמריץ עבור תלמידים ותלמידות לבחור במקצועות מדעיים. בין השאר הוצע לקיים מפגשים בין תלמידים ומדענים ומהנדסים במקום עבודתם וסיורים במוזיאוני מדע ובתעשיות בטחונות.

○ שיתופיות לקידום מגזרים המיוצגים באופן נמוך בחינוך למדע וטכנולוגיה: הגברת שיתופי פעולה בין מערכת החינוך לבין צה"ל, התעשייה וארגונים פילנתרופיים לשם הגדלת השתתפותם של תלמידי פריפריה חברתית וכלכלית במקצועות מדעיים הנלמדים ברמת לימוד גבוהה. כמו גם, הגדלת השתתפות תלמידי המגזר החרדי בחינוך למדע וטכנולוגיה.

○ הקמת מועצה לאומית בשיתוף בעלי העניין במדע וטכנולוגיה: במטרה למנוע שינויים תכופים בתכניות לאומיות, מוצע להקים מועצה לאומית לחינוך. חברי המועצה יהיו אנשי ונשות חינוך ונציגים ממוסדות להשכלה גבוהה, מהתעשייה ומצה"ל. הצעות חוק בנושא הובאו במהלך כהונתן של שלוש הממשלות האחרונות בישראל אך טרם אושרו¹¹.

נסכם ונאמר, הסיכונים האסטרטגיים של החינוך למדע וטכנולוגיה מבטאים תפיסות בחברה הישראלית. תכנית התגובה לטיפול בהם מציעה לקדם את **שיתוף בעלי העניין בניהול סיכונים**

החינוך למדע וטכנולוגיה. עמדה זו של משתתפי המחקר משקפת את המציאות בה הולכים ומתרבים שיתופי פעולה בין מערכת החינוך ובין צה"ל, התעשייה וארגונים פילנתרופיים. שיתופי פעולה אלה רצויים גם מנקודת מבטה של מערכת החינוך בישראל. עם זאת, לצד הרצון בשיתוף פעולה, הודגשו גם חולשות בעבודה המשותפת עם מערכת החינוך. מתוך כך, מוצע לבחון **מהי הדרך**

הרצויה לשיתוף בעלי העניין, ובהתאם, לבסס שותפות בין-מגזרית כולל מדיניות ברורה ליישומה, המשמרת את תפקיד מערכת החינוך כאחראית על החינוך הציבורי במדינה מחד, אך מאפשרת גם למגזרים האחרים (השני, השלישי וצה"ל) לפעול באופן המסייע לה בהשגת יעדי החינוך, מנגד.

מחברים: ד"ר ענת אבן זהב מרצה למתמטיקה, סמינר הקבוצים, פרופ' אורית חזן הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, טכניון

מקורות

¹ מחקר הדוקטורט של ענת אבן זהב בהנחייתה של פרופ' אורית חזן.

² בדו"ח שפורסם ב-2013 של מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה ניתן למצוא תחזית לשנת 2020, המזהה מחסור במורים במקצועות המדע והטכנולוגיה. הדו"ח מציג שני תרחישים עתידיים המניחים גידול בשיעור התלמידים הלומדים פיזיקה, כימיה, מדעי המחשב והמקצועות הטכנולוגיים. תרחיש אחד מניח את הכפלת מספר התלמידים הנבחרים במקצועות מדעיים ברמת 5 יח"ל ובמקצוע טכנולוגי אחד. בתרחיש זה יהיה מחסור של 1400 מורי מדע וטכנולוגיה; תרחיש שני מניח ש-25% מכלל התלמידים נבחרים במקצועות מדעיים ומקצוע טכנולוגי נוסף. בתרחיש זה יחסרו 3700 מורי מדע וטכנולוגיה. יש לזכור שתרחישים אלה אינם לוקחים בחשבון את הרמה האקדמית של המורים כך שיתכן והמחסור יהיה גדול עוד יותר. מקור: חזן, א., בוכניק, צ., נתן, א., ורוה, א. (2013). *החינוך המדעי והטכנולוגי בישראל: מדדים נבחרים לקראת בניית אסטרטגיה לניהול סיכונים בשל המחסור הצפוי במורים למדע וטכנולוגיה בחטיבה העליונה*. מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, הטכניון. נדלה ב-28 דצמבר 2013 מ: <http://www.neaman.org.il/Neaman2011/Templates/ShowPage.asp?DBID=1&TMID=581&LNGID=2&FID=646&IID=10462>

³ מקור: דו"ח OECD בנושא איכות מקצוע ההוראה.

OECD. (2011). *Building a high quality teaching profession: lessons from around the world*. OECD Publishing. Retrieved December 28, 2015, from <http://www2.ed.gov/about/inits/ed/international/background.pdf>

⁴ מקורות:

עליאן, ס., זידאן, ר. ותורן, ז. (2007). מניעים לבחירה במקצוע ההוראה בקרב פרחי הוראה. *דפים*, 44, 123-147.

ארנון, ר., פרנקל, פ., רובין, ע. (2012). להיות או לא להיות (מורה?) הדימוי של מקצוע ההוראה כעיסוק מושך. *מכון מופת, שבילי מחקר*, 18, 33-44.

⁵ במחקר השתמשנו במונח זה למקצועות לימוד במגמות טכנולוגיות ותעסוקתיות במערך הטכנולוגי השייך למשרד החינוך ולמגמות הלימוד בבתי ספר השייכים למשרד הכלכלה.

⁶ מחר 98. (1992). "מחר 98": דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי. משרד החינוך והתרבות.

7

Hannover, B., & Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why high school students do not like math and science. *Learning and instruction*, 14(1), 51-67.

⁸ מסגרות החינוך השונות הן: חינוך ממלכתי, חינוך ממלכתי-דתי, חינוך ממלכתי-ערבי, חינוך לאוכלוסיה הדרוזית והצ'רקסית, ומסגרות חינוך לאוכלוסיות החרדית ע"י בתי-ספר עצמאיים לא-רשמיים. ההפרדה נוצרה עקב שונות בזהות לאומית, דתית ולשונית של הקהילות המרכיבות את החברה הישראלית: זהות שונה הן מבחינה דתית: יהודים, ערבים ונוצרים והן מבחינת לאום: ישראלי ופלסטיני. השונות הלאומית הכתיבה בתי ספר דו לשוניים המלמדים בעברית וערבית או חד לשוניים: עברית או ערבית. מקור: דברת, ש. (2005). *כוח המשימה הלאומי לקידום החינוך בישראל*. משרד החינוך, ישראל.

Mikes, A., & Kaplan, R. S. (2014). Towards a contingency theory of enterprise risk management. Harvard Business School.

9

Hall, D.T. (2002). *Careers In and Out of Organizations*. A Sage publication series.

10

וייסבלאי, א. (2013). *מועצות לאומיות לחינוך – סקירה משווה*. הכנסת, מרכז המחקר והמידע, ירושלים. נדלה ב-9 נובמבר 2015 מ:
<http://www.knesset.gov.il/MMM/data/pdf/m03263.pdf>

11

רשמים מהכנס הארצי של מורי מגמות אלקטרוניקה

וחשמל שהתקיים בטכניון

בפיתוח מערכות אוטונומיות להעברת מטען או סחורה ומערכות לאספקת תקשורת אינטרנט לאזורים מרוחקים בעולם. כמו כן דיברה על מערכות אוטונומיות שיתופיות העובדות בצבירים. בתחום החלל, היא הציגה את נושא תיירות החלל ותכניות ישראליות לשיגור חללית לא מאוישת לירח ושיגור צביר לוויינים לחלל.

לאחר הפסקת הקפה וכיבוד קל, התכנסו המורים במושבים נפרדים בהם הוצגו בפניהם הרצאות בתחומי דעת שונים:

פרופ' יואש לברון, מהפקולטה להנדסת חשמל בטכניון, דיבר אודות שילוב רשתות הספק עם מערכות מידע ותופעות דינאמיות במערכות הספק גדולות. בהרצאתו נבחן המושג "פאזור" ונותחו בעזרת מושג זה תופעות דינאמיות מורכבות תוך קישור המושג לשילוב מקורות אנרגיה מתחדשת ומקורות מבוזרים אחרים.

מר רועי מיטרני, מהפקולטה להנדסת חשמל בטכניון, הציג את תנופת הפיתוח בטכנולוגיית הענן בעולם המחשוב. הוא סקר את היסודות, המטרות ומבנה מחשוב הענן והציג אתגרים והזדמנויות שטכנולוגיה זו זימנה לעולם רשתות המחשבים.

מר איתי זברן, מהפקולטה למדעי המחשב בטכניון, הציג את היישומים והאתגרים בנושא "האינטרנט של הדברים" (Internet of Things). בהרצאתו דיבר על התפתחות, הצמיחה, והשימושים של מכשירים שונים בעלי חיבור לאינטרנט. כמו כן דיבר אודות רשתות מחשבים, בעיות אבטחה והציג דוגמאות לפרויקטים שנעשו בטכניון בנושא.

ב מסגרת פעילות מרכז המורים מור-טק ובשיתוף פעולה עם המפמ"ר למגמת הנדסת אלקטרוניקה מר שלמה אחנין, התקיים ב-13.04.2016 חודש ניסן תשע"ו, כנס ארצי של מורי מגמת אלקטרוניקה וחשמל בבניין הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון.

מטרתו העיקרית של הכנס הייתה להפגיש את מורי ומורות המגמה מרחבי הארץ, לאפשר שיתוף ידע ולדון בנושאים שונים הקשורים לניהול המגמה.

כנס התקיימו מספר מושבים שכל אחד מהם עסק בתחומים שהוגדרו מראש על ידי וועדת הכנס והפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה וחשמל.

בחלק הראשון של הכנס התכנסו כל המשתתפים באודיטוריום לשמיעת דברי פתיחה וברכות מפי **פרופ' ח אילת פישמן** מהפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון והיועצת האקדמית של מרכז המורים בטכניון, **ד"ר ארי גרו**, ראש המסלול להוראת הנדסת חשמל ואלקטרוניקה מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון ו**מר שלומי אחנין**, מפמ"ר הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים ומגמות מערכות בקרה ואנרגיה. את הכנס הנחה **ד"ר אהרון שחר**, מנהל מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, מור-טק.

בהמשך, התקיימה הרצאת מליאה עם **פרופ' דניאלה רוה** מהפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל בטכניון. פרופ' רוה סקרה בהרצאתה פיתוחים עכשוויים בתחום האווירונאוטיקה והחלל, את האתגרים

בסיום ארוחת הצהריים שוב התכנסו המורים במושבם נפרדים לפי תחומי עניינם:

מר יואל כהן, מרכז מגמת אלקטרוניקה, בבית הספר המשותף באר טוביה, דיבר אודות לימוד חווייתי סביב פרויקטים ועיצוב תהליכי לימוד תוך התייחסות לשינויים המתמידים בטכנולוגיה ואופי התלמידים. הוא הציג אפשרויות שונות שמטרתן להפוך את מגמת אלקטרוניקה למגמה מובילה, מעניינת מרתקת עבור התלמידים.

גב' איה פלמן, מרכזת מגמת חשמל במכללת אורט הרמלין וחברת צוות הפיקוח לחשמל של משרד החינוך, הציגה את החידושים האחרונים, שינויי תפישות ועקרונות בתחום החשמל ואת השימוש בטכנולוגיות חדשות ליישומים וותיקים. הציגה את השאלות והתפישות החדשות המעסיקות את העוסקים בתחום בשנים האחרונות.

ד"ר שלום עזריאל, מרצה בקורסי הסבת מהנדסים להוראה בחינוך הטכנולוגי וחבר בצוות הפיקוח לאלקטרוניקה של משרד החינוך, דיבר על חוסר המורים בהוראת המקצועות המדעיים והטכנולוגיים. בהרצאתו הציג את מתכונת הקורס להסבת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה להוראה ואת מעורבותו ותרומתו של צוות הפיקוח. כמו כן דיבר על קשיים בקליטת פרחי ההוראה בבתי הספר וקידום הישגותם של מסיימי הקורס במערכת ההוראה.

בחלק האחרון של הכנס התכנסו כל מורי המגמות באודיטוריום לשמוע את דבריו של **מר שלומי אחנין**, מפמ"ר הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים, בנושא תובנות ותמורות בהפעלת תכנית "למידה משמעותית" ולשמיעת דברי סיכום.



תמונה 1: באי הכנס בהרצאתה של פרופ' דניאה רווה

אודות "מור-טק" מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים מדעיים

הנהלת המרכז

הפעילות השוטפת של המרכז במרכז מתבצעת ע"י
הצוות הקבוע:

- פרופ' אורית חזן, ראש המרכז
- פרופ' אילת פישמן, יועצת אקדמית של המרכז
- ד"ר אהרון שחר, מנהל המרכז
- ויקה קוקבין, מזכירת המרכז

חברי צוות מרכז המורים ונציגי המגמות

במרכז פעילים גם נציגי המגמות, המהווים חוליה
מקשרת בין המפמ"רים והמרכז:

- אלקטרוניקה - הרמן גדי
- ביוטכנולוגיה - ניצן פנינה
- מכונות - ד"ר דני קולס
- מדעית הנדסית - ששון ראובן

פעילויות המרכז כוללת

- אתר אינטרנט
- סדנאות וימי עיון
- כנסי מורים
- קורסים והשתלמויות
- כתב עת
- יוזמות חינוכיות

מור-טק - מרכז המורים הארצי למקצועות
הטכנולוגיים-מדעיים שוכן בפקולטה לחינוך למדע
וטכנולוגיה בטכניון. המרכז מספק במה להצגת כל
הגישות והצוותים האקדמיים ברחבי הארץ
העוסקים בהוראת המקצועות הטכנולוגיים-
מדעיים בחטיבה העליונה במגמות הבאות: הנדסת
מכונות, אלקטרוניקה ומחשבים, מדעית הנדסית
וביוטכנולוגיה.

מור-טק עובד בשיתוף פעולה הדוק עם האגף
לפיתוח תוכניות למודים במשרד החינוך, עם
מינהלת מל"מ, עם המפמ"רים, עם ראש תחום
הטכנולוגיה ועם אנשי המחקר בפקולטות השונות
להנדסה, טכנולוגיה ומדע במוסדות להשכלה גבוהה
בארץ ובחו"ל. כל זאת על מנת לספק תמיכה לרכזי
המקצועות, למנחים ולמורים בכיוונים הבאים:

1. פיתוח מנהיגות;
2. העמקת ידע בתחומים דיסציפלינאריים
ואינטרדיסציפלינאריים ושיטות הוראה מכוונות
להבנת מושגים אלה;
3. הכרת השינויים והחידושים הטכנולוגיים
העדכניים ופיתוח דרכים לשילובם בתוכנית
הלימודים;
4. הכרת שיטות הוראה/הנחיית פרויקטים/למידה
בהקשר לחינוך הטכנולוגי;
5. פיתוח חשיבה במגוון המקצועות הטכנולוגיים;
6. הפצת המיומנויות והתכנים של מורים מובילים
לכלל המורים;
7. טיפוח מטרות וכיווני חשיבה נוספים למרכז
באמצעות ועדת ההיגוי של המרכז, המכונסת
פעמים בשנה לדון על מדיניות המרכז. ועדת ההיגוי
מורכבת מאנשי מינהל החינוך הטכנולוגי בישראל,
צמרת חוקרי החינוך הטכנולוגי בארץ, נציגי
פקולטות הנדסיות במוסדות להשכלה גבוהה,
נציגי מורים ומנהל המרכז.

דרכי התקשרות:

טלפון: 04-8293146 פקס: 04-8295481

Email: moretech@technion.ac.il

כתובת:

מור-טק - מרכז מורים ארצי למקצועות הטכנולוגיים
 הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה
 קרית הטכניון
 חיפה 32000

מיקום:

קרית הטכניון,
 הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה
 קומה 3, חדר 315

מפת ההגעה למשרדי מרכז המורים למקצועות הטכנולוגיים מדעיים-מורטק, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, חיפה



כתב העת מור-טק הזמנת מאמרים (Call for papers)

על המאמרים להיות בהיקף של עד 1500 מילים. במקרים מיוחדים יתקבלו גם מאמרים של עד 3000 מילים. כל מאמר שישלח לפרסום יעבור שיפוט של העורך ושני רפרנטים.

על המאמר לכלול תקציר בן 25-75 מילים, סיכום קצר. יש להשתמש בפונט נרקיסיס, גודל 12 עם רווח 1.5 בין השורות. כותבים שמאמרם יתקבל יתבקשו לשלוח תמונה דיגיטלית.

את המאמר יש לשלוח אל ד"ר אהרון שחר בדוא"ל:

ahrons@technion.ac.il

במכתב המלווה יש לרשום את מקום העבודה ותפקיד השולח/ת ולהוסיף פרטי התקשרות.

יתקבלו לפרסום מאמרים העוסקים בתחומים הבאים:

- הנעשה בחינוך הטכנולוגי בארץ: הוראת הטכנולוגיה וקידומה, הערכת לומדים, פרויקטים ועוד.
- למידה מהצלחות וכישלונות: שיעור, פרויקט, עבודת צוות טכנולוגי
- מחקר בתחום הוראת הטכנולוגיה
- הוראת הטכנולוגיה וההנדסה מנקודת מבטם של אנשי אקדמיה, תעשייה, מו"פ, מנהלים ובכירים
- נושאים הנדסיים/טכנולוגיים עכשוויים, רעיונות להטמעה בחינוך הטכנולוגי
- השבחת תשתיות, מעבדות וסביבות למידה למורים בחינוך הטכנולוגי
- eLearning בחינוך הטכנולוגי
- תחרויות, כנסים וסמינרים בארץ ובעולם
- סקירת ספרים ואינטרנט

מטרתו העיקרית של כתב העת מור-טק היא לקדם את הוראת המקצועות הטכנולוגיים במגמות:

- אלקטרוניקה
- ביוטכנולוגיה
- מדעית-טכנולוגית
- מכונות

קהל היעד של כתב העת הוא מורים ורכזים המלמדים במגמות אלו. כמו כן, כתב העת משמש במה ואמצעי לשיתוף ידע גם בין בעלי תפקידים נוספים העוסקים בהוראת הטכנולוגיה כולל אנשי משרד החינוך, מנהלי בתי ספר, אנשי תעשייה, חוקרים באקדמיה ואנשי מטה ברשתות החינוך הטכנולוגי. כתב העת חושף את קוראיו לחידושים פדגוגיים, להתפתחויות ולעדכונים בתחום הוראת הטכנולוגיה, לחידושים טכנולוגיים, ולנעשה בארץ ובעולם בתחומי הוראת הטכנולוגיה.

כתב העת מור-טק מזמין את קהל הקוראים לשלוח מאמרים לפרסום בגיליון הבא. יתקבלו מאמרים בעברית שעניינם הוראת הטכנולוגיה. ניתן לשלוח גם מאמרים המתורגמים משפה אחרת שפורסמו בכתבי עת אחרים בארץ ובעולם ובתנאי שהשולח יסדיר את עניין זכויות היוצרים.

משוב

לקוראי וקוראות מור-טק שלום, אנא השיבו על שאלון משוב זה ושלחו אותו למור-טק - מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים מדעיים. ניתן לשלוח את המשוב באמצעות דוא"ל moretech@technion.ac.il, פקס 04-8295481 או דואר לכתובת:

מורטק - מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים מדעיים
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון
קריית הטכניון
חיפה 32000

תאריך: _____ שם הקורא/ת: _____ בית הספר: _____

בגיליון זה מצאתי עניין בנושאים אלה:

אשמח אם בגיליונות הבאים של כתב העת ייכללו גם הנושאים האלה:

הערות נוספות:

נא סמנו X בעמודה המתאימה:

במידה מועטה מאוד	במידה מועטה	במידה בינונית	במידה רבה	במידה רבה מאוד	
					כתב העת תרם לי מבחינה מקצועית
					בגיליון פורסמו תכנים רלוונטיים למקצועות ההוראה שלי
					הגיליון היה נוח לקריאה
					אוסף המאמרים היה מגוון



אנו מודים לכם על שיתוף הפעולה.

()