

הכנס המדעי ה-18
מחקר, עיון ויצירה באורנים – תשע"ז

הוראת המדעים, חינוך לטבע וסביבה

יו"ר: מדי וליצקר-פולק

הזוויות הקסומות של הטבע – מורים-חוקרים מגלים גילויים בפיזיקה ובמתמטיקה
The Magic Angles of Nature – Joint Research and Findings of Teachers
and Students in Physics and Mathematics

בהרצאה יועברו מסר ואתגר חשוב למורי-מורים, לחוקרי הוראת המתמטיקה והפיזיקה ולמורים: מורים בפיזיקה ולמתמטיקה בחינוך העל יסודי חוקרים עם תלמידיהם ומגלים גילויים מרתקים במדע. החקר בפיזיקה ובמתמטיקה הוא המנוע אשר יכול להוביל את המוטיבציה של המורים לחינוך אחר, חינוך שיש עמו דוגמה אישית, התמודדות משותפת של מורה ותלמיד עם אתגרי החקר במדע. למורי המתמטיקה והפיזיקה אנו מציעים להיכנס עם תלמידיהם לחקר משולב בתחומים אלה, "להכניס את הידיים" לתוך גיגית מי הסבון (כלומר, לעולם של ניסויים בפיזיקה) על מנת לעורר מוטיבציה לחקר, וליצור רצון לבאר תופעות מתמטיות-פיזיקליות המתגלות בטבע.

בהרצאה תידון הטענה כי הפיזיקה (כפי שבאה לידי ביטוי בקרומי סבון, למשל) מהווה לעתים מנוע המחולל מוטיבציה להוכחה מתמטית, וגם מצפן המצביע על הכיוון הראוי להוכחה המתמטית. ההרצאה תלווה בהדגמות חיות ותציע מספר כיוונים לחקר מעמיק בפיזיקה ובמתמטיקה. יוצג קשר מתמטי מרתק שנתגלה זה עתה על-ידי מורה-חוקר, בין תכונות המרחב לבין הזוויות הקסומות שהסבון מוצא, הזוויות העולות ממשפט שטיינר וממשפט פלאטו.

במחקר נבחן הקשר של זוויות אלו לממדי המרחב, ונמצא קשר מתמטי חדש המסביר את גודל הזוויות על-פי ממד המרחב. בהמשך ההרצאה תוצג קהילת מורים לחקר בפיזיקה - בדרך 'אחר'ית', כפי שמתפתחת במרכז 'אחר'ית' בגליל המערבי ובבית המדרש 'נקודת ארכימדס' למורים חוקרים בפיזיקה. קהילת המורים מקיימת אחוות חוקרים רב-תרבותית – אחר'ית', בכמה מישורים: יהודים וערבים; עולים חדשים ואזרחים ותיקים; בני מושבים, קיבוצים, עיירות וכפרים; מורים ומהנדסים; צעירים ומבוגרים. בפיזיקה יש ממד אובייקטיבי שאינו קשור בנרטיב כזה או אחר. משום כך היא מהווה מצע מצוין לשיתוף פעולה חוצה גבולות, לחינוך להטלת ספק ולבחינה קפדנית של השערות. זו השנה ה-12 בה הולכת וצומחת קהילה רב-תרבותית זו, המטפחת למידת חקר מעמיק בפיזיקה לצד פעילויות חברתיות. האווירה הנעימה והמקבלת שמנשבת במרכז 'אחר'ית' - משרה על כל המצטרפים תרבות של חוויה חוקרת בדרך חברית ותומכת.

שתי נקודות מוצא המאפיינות את מרכז 'אחר'ית': (1) כל תלמיד נדרש לבצע מחקר; ו-(2) כל מנחה נדרש להתעמק עם תלמידו בשאלות מחקר שטרם עסק בהן. כתוצאה משתי דרישות אלו נוצר צורך אמתי לתלמיד להסתייע במנחה, ולמורה-המנחה נוצר צורך אמתי להסתייע בעמיתים ובמומחים.

אחת לשבועיים מתקיים מפגש בו משתתפים מנחים, מורי הפיזיקה, לבורנטים, אנשי מדע ומהנדסים (חלקם בהתנדבות). רוב המורים והלבורנטים באים מארבעה בתי הספר בגליל המערבי. בכל מפגש אחד המנחים או האורחים מציג נושא חדש בפיזיקה, בעיה חדשה או תופעה שלא התעמקנו בה עד כה. כולנו לומדים משהו חדש בפיזיקה. לאחר 'דבר התורה', מציגים המנחים בעיות חקר שהם נתקלים בהן במהלך המחקר או בתכנון החקר העתידי. לעזרתם מתגייסים כלל המנחים בסיוע ובעצה טובה למחקר נועז וחדשני שפונה בדרך כלל לתחום בלתי ברור ובלתי מוכר. כך מקבל המנחה תמיכה וגיבוי תוך התייעצות משותפת המאפשרת לו להתקדם עם תלמידיו בכל פעם מחדש. חשוב להדגיש כי תמיכה זו המתרחשת בסדנה – היא המנוע המאפשר נועזות ויצאה למחוזות חקר חדשים.

מילות מפתח: תגלית, מורים-חוקרים בפיזיקה ובמתמטיקה

**חיבור דיאלוגים וירטואליים מתמטיים ככלי הכשרה וקידום מקצועי
של פרחי הוראה ומורים למתמטיקה**

**Writing Fictional Mathematical Dialogues for the Training and
Professional Advancement of Pre-Service and In-Service Math Teachers**

שגרת ההוראה המנוהלת על-ידי המורים, רצופה קבלת החלטות מיידיות. במחקר הנוכחי, נעשה ניסיון להכשיר מורים למתמטיקה לנהל את השיח המתמטי הדבור, כחלק מתהליך קבלת ההחלטות שלהם במצבי הפתעה בכיתה, באמצעות כתיבת דיאלוגים וירטואליים טרם הוראת הנושא. רגעי הפתעה בכיתה המתמטיקה מאופיינים כחוויה שבה אין למורים מילים מתאימות להסבר או תיווך רעיונות מתמטיים, כתוצאה משאלת שאלות על-ידי התלמידים, או כתוצאה מניסיון להסביר מושג או תופעה מתמטית שהייתה מובנת להם, ובמהלך השיעור, תוך כדי הוראה, הם חשים כי הבנתם התערערה.

המחקר מתמקד בחיבור וכתיבה של "דיאלוגים וירטואליים" על-ידי פרחי הוראה ומורים למתמטיקה בתוכניות לתואר שני בהוראת מתמטיקה. במחקר השתתפו סטודנטים שלמדו קורס בהוראת מתמטיקה בתוכניות לתואר ראשון (15) ולתואר שני (25) בשתי מכללות.

הקורס הסמסטריאלי הגדיר באמצעות ספרות תאורטית תנאי קיום עבור דיאלוג וירטואלי, כך שהתנאים מקדמים בהכרח גילוי של ידע מתמטי וידע מתמטי-דידקטי של המורה הכותב. במהלך הלימוד חוו הסטודנטים מספר פאזות של כתיבה. למשל: בשלב הראשון הם חיברו דיאלוג וירטואלי עצמאי, שעובד ושוכתב על-ידי הקבוצה בהתאם לתנאים שהוגדרו בקורס. בשלב השני הסטודנטים חיברו דיאלוג קבוצתי, שנותח ושוכתב על-ידי חברים בקורס שחיברו דיאלוג לנושא מתמטי אחר. כך, בחמש פאזות, נעו הלומדים בין כתיבה עצמאית של דיאלוגים וירטואליים לכתיבה קבוצתית. בכל השלבים הם קיבלו משוב כתוב מהמרצה ומחברי הקבוצה.

כלי המחקר היו מסמכי הדיאלוגים שנכתבו בפאזות השונות, תיעודי שיעורים בהם בוצעה כתיבה אישית וכתיבה קבוצתית, ויומן תיעוד קורס שניהלה המרצה. לאורך הקורס נותחו המסמכים באמצעות הערכת עמיתים, ונבדקה התאמתם לתנאי הקיום של "דיאלוג וירטואלי". בנוסף, כל המסמכים נותחו באמצעות ניתוחי תוכן, ונמצאו שלוש קטגוריות מרכזיות: זרזים לגילוי ידע מתמטי, זרזים לפיתוח דידיקטיקה חדשנית, ורשימת מאפייני כתיבה של דיאלוג 'רגיש' ללומדים.

תוצאות המחקר מצביעות על התרומה של חיבור דיאלוגים וירטואליים בכמה היבטים: בהיבט ההתפתחות המקצועית וההתחדשות של ידע מתמטי בתהליך חיבור וכתיבת הדיאלוג מצאו הלומדים חידוש מתמטי שהוא העמקה או ידע מתמטי חדש שעד כה הם לא נחשפו אליו. בנוסף, תנאי הקיום של הדיאלוג חייבו אותם לתיווך רעיונות מתמטיים באופן חדש להם, כך שגם הידע הדידקטי-מתמטי המסוים שלהם התחדש. בהיבט ההכשרה נמצא כי באמצעות חיבור הדיאלוגים, מורים מתחילים למדו לפתח שיח מתמטי כתוב 'רגיש' ללומדים' המסביר מהויות של מושגים מתמטיים, מפרק תפיסות שגויות, בונה אלגוריתמים, ייצוגים מגוונים ואסטרטגיות לפתרון בעיות מתמטיות.

מילות מפתח: הוראת מתמטיקה, דיאלוג וירטואלי, כתיבה מתמטית, ניהול מצבי הפתעה בכיתה המתמטיקה, קבלת החלטות בכיתה המתמטיקה

עיצוב והפעלה של גישה מטא-קוגניטיבית להתפתחות מקצועית של מורי מדעים**Designing and Implementing a Metacognitive Approach to the Professional Development of In-Service Science Teachers**

מחקר זה בוחן את ההתפתחות המקצועית של מורי מדעים שלמדו את הקורסים "עקרונות בפיתוח יחידת לימוד בפיזיקה" ו"מצוינות במדעים ובמתמטיקה" הנלמדים במסגרת התוכנית להוראת מדעים לבית הספר העל-יסודי (M.Ed.). הקורסים פותחו כמסגרת המפתחות את הידע המטא-קוגניטיבי של המורים, ויכולה לתרום להתפתחות המקצועית שלהם בתחום הדורש שינויים בידע, בגישה ובתפיסה של המורים.

המחקר הינו מחקר עצמי איכותני מסוג חקר מקרה, והוא כלל 43 מורים: 10 סטודנטים שלמדו את שני הקורסים, 34 תלמידים מתוכנית המצטיינים באורנים, שני אסיסטנטים במעבדה לפיזיקה וכן שתי החוקרות.

איסוף הנתונים כלל את העיצוב והפעילויות של שני הקורסים במכללה, ראיונות עם המורים והאסיסטנטים במעבדה, רפלקציות של המורים והחוקרות, היחידות והפעילויות שפיתחו המורים, ותצפיות בשיעורים שהמורים העבירו. ניתוח הנתונים התבסס על זיהוי תמות הקשורות לידע המטא-קוגניטיבי של המורים ולהתפתחות המקצועית שלהם.

מן המחקר עולה כי המורים פיתחו ידע מטא-קוגניטיבי על אסטרטגיות הוראה, על משימות ביצוע, על אנשים (על עצמם, על עמיתיהם ועל תלמידיהם) וידע על ארגון הידע הן בתחום הדיסציפלינרי והן בתחום הפדגוגי. זיהינו שש תמות מרכזיות שהשפיעו על ההתפתחות המקצועית של המורים: ניסיונם בהוראה; האינטראקציה של המורים עם התלמידים; העמקה בידע הדיסציפלינרי שלהם; פיתוח יחידות הלימוד; הצורך בכתיבת רפלקציות; שיתוף פעולה עם עמיתיהם.

הקורסים פותחו בהתאם לגישה הקונסטרוקטיביסטית-חברתית ואפשרו למורים סביבה תומכת שנתנה להם אפשרות לפתח וליישם יחידות הוראה חדשניות. המורים טענו שהמודל אפשר להם לחשוב על רעיונות חדשים ולפתח פעילויות אותן הם אינם מנסים בדרך כלל בכיתה. יתרה מזאת, המורים ציינו שבמהלך הקורס הם למדו להקשיב לתלמידים ולבחון את הבנתם ואת התאמת המשימות ללומדים השונים.

הממצאים מראים שהמורים שיפרו את ארגון הידע שלהם ורכשו הבנה טובה יותר של העקרונות והקשרים בדיסציפלינה אותם הם מלמדים, הם רכשו הבנה של הקשר בין משימות המוצגות לתלמידים והדרך בה הידע נבנה אצל התלמידים, המורים למדו כיצד לזהות תפיסות של תלמידים (מדעיות ולא מדעיות) וכיצד לעזור לתלמידים להבנות ידע מדעי תקני, תוך התבססות על הידע הראשוני שלהם.

מילות מפתח: התפתחות מקצועית, מטא-קוגניציה, רפלקציה, מורי מדעים, עיצוב קורסים

החינוך לטבע ולסביבה : על משנתם של יהושע מרגולין ומרדכי סגל, יישומה, השפעתה, והרלוונטיות שלה לימינו

Connecting Children to Nature: On J. Margolin's and M. Segal's Educational Theory and its Application Today

מה הופך מורה לטבע לאיש חינוך המשאיר את חותמו לשנים רבות על תלמידים כה רבים, ובונה מורשת חינוכית מבוססת ידע ופדגוגיה, שעטופה בהתלהבות ובמחויבות לסביבה ולאדם.

בחרנו לעקוב אחר סיפור חייהם של הוגי החינוך הקיבוצי: יהושע מרגולין (1877-1947) ותלמידו וממשיך דרכו מרדכי סגל (1903-1991), מייסדי סמינרי הקיבוצים, מחנכים מיתולוגיים אשר פיתחו גישות ייחודיות ללימודי הטבע והסביבה והקדישו לתחומים אלה כשליש מתוכנית ההכשרה בסמינרים.

עקבנו בספריהם אחר קורות חייהם והתהליכים שהביאו אותם לפתח גישות ייחודיות וחדשניות להוראת הטבע והסביבה. במחקר נאספו ונותחו מסמכים מגוונים: כתבי מרגולין, כתבי סגל, חוברות ומאמרים אשר כתבו תלמידיהם בסמינרים וראיונות שנערכו עם מורים שהיו ממשיכי דרכם, מחקרים על סגל וכן מחקרים על ראשית החינוך הציוני בארץ. הניתוח התבצע באופן פרשני על-פי תמות שעלו מתוך המסמכים ושבאמצעותן יכולנו לבדוק את חשיבות הגישות שפותחו על-ידי סגל ומרגולין ואת הרלוונטיות שלהן כיום בהוראת החינוך הסביבתי.

יהושע מרגולין ראה בטבע ובאדמה את חזות הכל: את בריתו של האדם עם המקום ואת התחדשות הקשר בין העם והארץ במולדת הישנה-חדשה. מבחינה פדגוגית, החינוך הסביבתי שפיתחו מרגולין וסגל כלל התבוננות רב-חושית ופליאה, לימוד הטבע בטבע, חקר הסביבה הקרובה לאורך עונות השנה ולמידה מתוך התנסות - כל אלה מתאימים באופן כמעט מלא לפדגוגיות ולגישות של החינוך הסביבתי בימינו, שהתפתח ברוח ה"קיימות".

בשנת 1931 ייסד יהושע מרגולין את המכון הביולוגי פדגוגי להכשרה מדעית של מורים בתל-אביב. מרדכי סגל אשר למד אצל מרגולין, הפך למורה במכון וארגן את קבוצת המחנכים חברי הקיבוצים הראשונה ללימוד במכון. סגל ומרגולין הקימו ב-1939 את סמינר הקיבוצים במכון הביולוגי פדגוגי בתל-אביב. מרגולין שאף להעביר את סמינר הקיבוצים ל"אורנים" אך נפטר בטרם הצליח בכך.

מעדותם של מורים רבים שזכו להכשרה אצל מרגולין וסגל אנו למדות שהאהבה למקצוע, ההתלהבות הכנה והאהבה לטבע ולאדמה, הותירו אצל המורים הלומדים חויית למידה יוצאת דופן שהדביקה אותם בקשר מיוחד אל הטבע ואל מלאכת החינוך.

בהרצאה זו נספר את סיפור חייהם ופועלם של מרגולין וסגל, שהביאו להקמת סמינרי הקיבוצים ותוכניות הלימוד לטבע ולסביבה, והשפעתם על החינוך הקיבוצי לטבע. האם גם כיום נוכל לשחזר את דרכם והצלחתם של סגל ומרגולין להעניק חויית השתלמות ייחודית למורים? כזו שתטמיע בהם תחושת שליחות יחד עם ניסיון ומוטיבציה ללמד בפדגוגיות של למידה פעילה, חוץ-כיתתית ומשמעותית אצל הילדים, מתוך אהבה לטבע, לאדם ולסביבה?

מילות מפתח: חינוך קיבוצי, יהושע מרגולין, מרדכי סגל, חינוך לטבע ולסביבה