

טיפוח חקר בפיזיקה בדרך אחר"ת

אחר"ת - אחוות חוקרים רב תרבותית

היום יותר מתמיד חשוב לדאוג לכך שמורים הנכנסים בשערי הוראת המדעים יצוידו בכל הכלים הדרושים על מנת לעודד את תלמידיהם לחקירה מדעית יצירתית, להתלהבות ולחדווה שבגילוי עולם הטבע.

טיפוח חקר מתקדם בפיזיקה

בגליל המערבי מתקיים מזה מספר שנים שיתוף פעולה אזורי בתחום עבודות חקר בפיזיקה (רייך, כהן, הוכשטר, 2009). יוזמה זו מציעה דרך לשפר את איכות לימודי הפיזיקה, לעודד תלמידים ותלמידות לבחור במקצוע הפיזיקה, ולמשוך אנשים איכותיים למקצוע ההוראה – אנשי אקדמיה, מהנדסי היי-טק ובוגרי אוניברסיטאות טריים המחפשים את דרכם המקצועית.

את מרכז אחר"ת הגה וייסד משה רייך, בעידודה ובניהולה של עמותת מנור-כברי ובתמיכת קרן "גלילאו". שיתוף הפעולה שנבנה במרכז אחר"ת - מהווה מודל המדגים הלכה למעשה כיצד ניתן למזג שאיפה למצוינות (תוך הקניית תפיסות למידה המתאימות למאה ה-21) עם תהליכים של שתופי פעולה אזוריים (מחקרים משותפים של תלמידים מבתי ספר שונים, צוות מנחים אזורי, שתופי פעולה בין הנהלות בתי הספר). מודל זה מיושם כעת בארבעה בתי ספר השייכים למועצה האזורית מטה אשר: "מנור-כברי", "אזורי גליל מערבי", "השלום" (שייח דנון), ו"אופק" (עברון).

במסגרת אחר"ת מתבצע תהליך של חיזוק למידת החקר בכל בית ספר לחוד, ובה בעת מתקיים תהליך של בניית קבוצות אזוריות סביב נושא מאחד. בכל בית ספר קיימת תשתית פיזית: ציוד, מרחב חקר מתאים לעבודה יעילה של תלמידים ומנחים, מחשבים וארון ספרים מגוון לתמיכה במחקר. לצד התשתית הפיזית, מתקיימת הכשרת מורים ולבורנטים, כך שיוכלו להנחות את התלמידים בעבודת החקר שלהם.

על המורה, המנחה, אנו מטילים משימה כפולה:

- **המורה מחויב להכין את התלמידים** כך שהידע התיאורטי בפיזיקה ובמתמטיקה יאפשר להם לבחור נושא חדשני למחקר, לתכנן ניסויים, לערוך את הניסויים ואף להסיק מהם תובנות חדשות. באמצעות ידע זה בונים התלמידים תפיסה מסודרת, מודל, לגבי המציאות הפיזיקלית בה מתרחש הניסוי.
 - **על המורה ליצור עימות בין הידע הבנוי** (הקונספציה) של התלמיד – **לבין המציאות הפיזיקלית** המתגלה בניסוי. מציאות זו, 'מסרבת' לא פעם להיכנע למודלים המולבשים עליה באופן אוטומטי. במקרים רבים אנו עדים לניסוי המבוצע בכלים חדישים של ימינו, במעבדה ממוחשבת ובכלים מחשוביים מתקדמים, אשר תוצאותיו אינן מתאימות לרשום בספרי הלימוד בפיזיקה: הפיזיקאים שערכו ניסויים אלו בעבר, השתמשו בכלים של המאה הקודמת או קודם לכן. הפער בין הניסוי החדש לבין הכתוב בספר הלימוד התקני – הוא שדה פורה לפיתוח הסבר חדש ויצירתי.
- התלמיד והמורה מתלבטים ביחד בשיקולי החשיבה הפיזיקלית, כשהם **שותפים ביצירת ידע**. למידה כזו, חינוך כזה לחשיבה – מתרחשים בסביבה תומכת, בדרך של דוגמה אישית. אנו מאמינים כי רק כאשר **התלמיד נחשף למורה חושב** – הבוחן את תפיסותיו בכל פעם מחדש, ומעמת את גישתו מול תוצאות הניסוי העדכני – רק אז לומד התלמיד מה היא חקירה פיזיקלית עמוקה ואמיתית.

למידה דרך חקר לכל תלמיד:

יש הרואים את דרך החקר כמתאימה רק לתלמידים מצטיינים, תלמידים שהוכיחו את הצלחתם במבחנים המסורתיים. לפי הגישה שלנו למידה דרך חקר אינה נחלתו הבלעדית של התלמיד המצטיין. **בגישת אחר"ת אנו מגדירים מחדש מיהו התלמיד המצטיין בפיזיקה:** התלמיד המצטיין הוא זה שחוקר ומגיע להעמקה ורמת הבנה גבוהה מהנדרש בקצב האישי שלו, בתהליך למידה רצוף ונחוש. ואכן, בקרב תלמידי אחר"ת אנו

נתקלים בתלמידים הנראים לכאורה כתלמידים רגילים לגמרי, כלומר ציוניהם ממוצעים במבחנים המסורתיים, אשר מצליחים מאד בלמידה בדרך החקר. למשל, בדרך למידה זו **בנות מגיעות להישגים גבוהים** והן אף נוטות יותר מבנים - לבחור לעסוק בעבודות חקר בהיקף של 5 יחידות. ממצאים אלו נמצאו גם במחקרים אודות למידה בדרך החקר (כהן, 2005).

הכשרת מנחים וסדנת המנחים:

פעם בשבוע, במשך ארבע שעות אקדמיות מתקיימת סדנה למנחי אחר"ת בהנחייתו של ד"ר עמוס כהן. במסגרת הסדנה מתעמקים המנחים בסוגיות פיזיקליות, בבחינת ייתכנות של פרויקטים חדשניים, ובוחנים גישות דידיקטיות שונות להוראת נושאים מורכבים. בנוסף על אלו, מתקיים הליך של ליווי והתמחות – סטאז' למנחים צעירים, מורים ולבורנטים חסרי ניסיון בהנחיה, המסייעים לתלמידים בחקר - כשלצידם מנחה מנוסה. המטרה היא, להגיע למצב בו בכל בית ספר יהיו מספיק מנחים כך שמלאכת ההנחיה לא תעיק ותעשה מתוך חדווה. עם השנים אנו משכללים את פעילותה של סדנת המנחים ומשלבם בכל מפגש 'דבר תורה' עם דיון קונקרטי העונה על צרכי ההוראה והמחקר של הקבוצה ושל המנחים הבודדים. 'דבר התורה' הוא החלק המדעי שבאמצעותו נחשפים משתתפי הסדנה לחידושים מתחומי המחקר בפיזיקה, לרעיונות מתקדמים ולגישות חדשות. חלק זה הוא תרומה של כל אחד ממשתתפי הסדנה: כל משתתף מכין דבר תורה מתחומי התעניינותו, פעם או פעמיים בשנה. בנוסף, משמשת הסדנה לליבון סוגיות מחקריות שעלו בעבודה עם תלמידים. סיעור המוחות המתקיים בסדנה מהווה במקרים אלו רשת בטחון למנחה ומצפן המכוון אותנו למחקר מעניין ופורה.

פעילויות אזוריות באחר"ת - קבוצות אזוריות:

- (א) **מצטיינים ט'** – קבוצה משותפת של 40 תלמידים מצטיינים מכיתות ט' מבתי הספר **אופק והשלום** המבצעים מחקרים משותפים בנושאי מדע ומתמטיקה. בפעילויות מושם דגש על שיתוף פעולה מדעי וחברתי.
- (ב) קבוצות **עבודות גמר** – קבוצות של כ-12 – 20 תלמידים מכל בתי הספר בשכבות י"א וי"ב המבצעים עבודות בהיקף של 5 יחידות פיזיקה במסגרת סדנה עם הנחייה הניתנת ברובה על ידי מנחי אחר"ת. אנו מקווים להגיע בעתיד לקבוצות בנות 30 תלמידים.
- (ג) **קבוצות אסטרונומיה**: שליטה מהמחשב האישי על טלסקופים רובוטיים (הכפולים בגודלם מהטלסקופ שבמצפה רמון) המאפשרים לתלמידי תיכון לבצע מחקר מעשי באסטרונומיה. נושא זה כרגע בהתפתחות בהובלתו של בועז רון זוהר ונעשה בקבוצות של כ-10 תלמידים (חלקם עבודות של 5 יחידות וחלקם עבודות בהיקף של 2 יחידות). אנו מצפים בעתיד להגיע לקבוצות בנות 15 תלמידים.
- (ד) למידה בקבוצות קטנות בנושאים שונים בפיזיקה כמו: כאוס, גלי קול (כלי נגינה), גלי אור ועוד.
- לסיכום, דרך הלימוד המועדפת: לימוד פעיל, תוך ביצוע פרויקט שלם של חקירה וגילוי, שעיקרו עבודה עצמאית של התלמיד - החוקר. חקירה מדעית תוך הדרכה מקצועית המסייעת לתלמיד לבחור את נושא המחקר, לנסח את השאלות ולחפש את התשובות. בבחינת: **"נעשה ונשמע"**, דרך לימוד בה התלמיד הנו הנווט המחפש את דרכו, תוך שהוא לומד להיעזר במכשירי הניווט המשוכללים שהמנחה מעמיד לרשותו. בלימוד כזה, תוך חקירה וגילוי, בפרויקט מדעי שהתלמיד בחר לעסוק בו - אנו פוגשים תלמיד במצב חדש: עיניו נפקחות בקריאת: אהה! ... "מצאתי! מצאתי!" (εὕρηκα) - ממש כארכימדס!

פירות מרכז אחר"ת

מרכז אחר"ת פועל כבר שש שנים, וכעת קמים מספר מרכזים דומים בצלמו ובדמותו: מרכז תל חי; מרכז אחר"ת כיסרא – סאסא; מרכז ירוחם – דימונה; מרכז עמק הירדן; מרכז העמקים – עפולה בית שאן. ועוד. בין התוצרים של מרכז אחר"ת:

מרכז אחר"ת מאפשר מדי שנה לכ- 300 תלמידים מהגליל ללמוד פיזיקה בדרך החקר.

במרכז אחר"ת נערכות כ- 20 עבודות חקר בפיזיקה 5 יחידות מדי שנה

וכן נערכים כ- 20 פרויקטים של חקר בפיזיקה 2 יחידות מדי שנה.

הכשרת מורים, אסיסטנטים ומתנדבים מתחומי ההיטק להנחיית עבודות חקר ופרויקטים בפיזיקה.

לזכות המרכז נרשם: פטנט על פיתוח חדשני בתחום שיפור יעילות של מערכת סולרית לקליטת אנרגיה;

אסטרואיד שנתגלה על ידי תלמידים ומנחה של מרכז אחר"ת (בתהליכי קביעת שם);

מאמר בכתב עת בינלאומי לחינוך פיזיקלי (Paleiov, Pupko, Lipson, 2011).

מקורות

אקסלרוד, גנאדי ואילון, בת שבע (2007). שילוב עבודות חקר בהוראת הפיזיקה ברמה מוגברת בהיקף של 1 - 2.5 מתוך 5 יח"ל עם הערכה חלופית. רחובות: המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

כהן, עמוס (2001). טוב מעשה במחשבה תחילה: מדריך ללמידה באמצעות פרויקטים מדעיים יצירתיים. תל אביב: מכון מופ"ת.

<http://shop.macam.ac.il/Product.asp?Pid=001411&Cat2Cat1ID=3&Cat2ID=8>

כהן, עמוס (2005). המשגה והעברה (טרנספר) בהוראת מדעים על דרך STES בגישת הפרויקט. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה" - אוניברסיטת חיפה.

<http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=727>

רייך, משה (). מתמטיקה במעבדה: תכנית לימודים רחבה לתלמידי מתמטיקה 3 יחידות לימוד.

רייך, משה; כהן, עמוס; הוכשטר, יותם (2009). אחר"ת – אחוות חוקרים רב-תרבותית: המרכז היהודי ערבי לעבודות חקר בפיזיקה בגליל המערבי.

"תהודה" עתון מורי הפיזיקה, כרך 28, חוברת מס' 1 – 2, עמ' 53 – 62. כסלו תש"ע, דצמבר 2009.

<http://stwww.weizmann.ac.il/ptc/Tehuda/28-1-2/53-62.pdf>

Paleiov, O., Pupko, O. and Lipson, S.G. (2011). Demonstrating Fermat's principle in optics. Physics Education.

דיווח באינטרנט על אירוע סיכום שנתי של פרויקט ט' מצטיינים - במרכז אחר"ת: אירוע המשותף לבית ספר 'השלום' בשיחי' דנון ולבית חינוך 'אופק' בקיבוץ עברון

http://www.youtube.com/watch_popup?v=AhFP8EUI08Q

וכן באתר המשותף לפרויקט אופק - השלום:

<http://www.ofekhashalom.com/he/Page.php?p=index>