

המעבדה במדעי המחשב

ד"ר תמי לפידות

המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, טכניון

אחת מהטענות שלנו, בתוך הקהילה ומחוצה לה, היא שמדעי המחשב הינה דיסציפלינה מדעית ושיש להתייחס אליה ככזאת. אחד מהמרכיבים החשובים בהוראת מקצוע מדעי כלשהו הינה המעבדה. לפיכך, מן הראוי לבחון את מקומה של המעבדה בהוראת מדעי המחשב והאם אכן אנחנו מתייחסים אליה באותו אופן שתופסים אותה בהוראת המקצועות המדעיים האחרים.

1. הגדרה: מהי מעבדה?

לפי אתר ויקיפדיה, **מעבדה הינו מקום בו נערכים מחקר וניסויים מדעיים.**

האתר מוסיף כי מעבדות משמשות בעיקר במדעי הטבע: ביולוגיה, כימיה ופיזיקה. מעבדות נפוצות גם בשני תחומים אחרים: רפואה ומדעי המחשב.

(מקור: <http://he.wikipedia.org/wiki/>)

מה ניתן ללמוד מהגדרה הזו? האם המעבדה במדעי המחשב היא אכן מקום לעריכת מחקר וניסויים מדעיים? האם תוכנית הלימודים וחומרי הלימוד הקיימים אכן תומכים בהתייחסות הזו למעבדה במדעי המחשב?

בעוד שבמדעים מטרות המעבדה נתפסת בעיקר כמקום לאישוש ואימות התכנים התיאורטיים וכן כמקום שבו נלמדות שיטות המחקר המרכזיות, הרי שבמקצועות ההנדסיים המעבדה נתפסת גם כקשורה למקום העבודה העתידי של הלומדים. כלומר, הנדסה הוא מדע יישומי ולכן המעבדות ההנדסיות הן מקום מצוי לתרגול של מושגים מדעיים.

כדי להשוות בין המאמרים השונים, מא וניקרוסון פיתחו מודל שמבוסס על 4 מטרות חינוכיות (ראה טבלה). בהתאם למטרות האלה הם סיווגו את כל המאמרים שנתחו.

מטרות חינוכיות ללמידה במעבדה

מטרות המעבדה	תיאור
הבנה מושגית (קונספטואלית)	המידה בה פעילויות המעבדה מסייעות ללומדים להבין ולפתור בעיות הקשורות למושגים מרכזיים שנלמדו בכיתה
מיומנויות תכנון	המידה בה פעילויות המעבדה מחזקות את יכולת הלומדים לפתור בעיות פתוחות דרך תכנון ובנייה של תוצרים או תהליכים חדשים
מיומנויות חברתיות	המידה בה התלמידים לומדים בקבוצות כיצד לבצע ביעילות פעילויות הנדסיות
מיומנויות מקצועיות	המידה בה לומדים רוכשים את המיומנויות הטכניות שמצופה מהם לשלוט בהן במסגרת המקצוע

2. מקומה של המעבדה בספרות המחקרית

במחקר מקיף שערכו Ma ו-Nickerson (2006) נסקרו מעל 1000 מאמרים שעסקו במעבדה בתחומים שונים. מתוכם נבחרו 60 מאמרים לבחינה מדוקדקת יותר. רק מאמר אחד מתוכם הוקדש למעבדה במדעי המחשב.

לפי מא וניקרוסון (שם), אין ספק שקורסים המבוססים על עבודת מעבדה תופסים מקום מרכזי בחינוך מדעי. הם אף מצטטים את Nersessian (1991) הטוען כי התנסות hands-on experience עומדת בלב החינוך המדעי.

לפי Magin et al (1986) לקורסים המבוססים על מעבדה יש השפעה מכרעת על תוצאות הלמידה. לפי מא וניקרוסון, המעבדה תופסת מקום חשוב גם בהוראת מדעים וגם בהוראת מקצועות הנדסיים.

מתוך מאמר של עמוס דרייפוס שפורסם בשנת 1995 בעלון למורי הביולוגיה, גליון 142. שם המאמר: אסטרטגיות ההולמות הוראה במעבדה – גלים בהוראת המדעים, והוא עוסק במעבדה החוקרת – בעד ונגד שיטות הוראה שונות.

http://www1.snunit.k12.il/heb_journals/allon/142006.html

"המעבדה", כתבו שולמן ותמיר (1973) "היתה מאז ומתמיד המאפיינת העיקרית של הוראת המדעים, והיא עדיין בעלת התפקיד המרכזי בכל תוכניות לימודי המדעים החדשות".

משלושת הנימוקים העיקריים, אשר תומכים בדגש זה של המעבדה, במאמרם של שולמן ותמיר (1973) שניים כבר זכו להכרה בינלאומית: הנימוק הראשון – מתייחס לתפקידה של המעבדה בהבהרה ובהמחשה של מושגים מופשטים. הנימוק השני – מתייחס למישור הריגושי: "תלמידים נהנים מהפעילות ומהעבודה המעשית".

די היה בנימוקים אלה בכדי להצדיק הקצאת מעמד מרכזי להוראת במעבדה [...] ועם השנים המעבדה הפכה ללב ליבו של תהליך הוראת המדעים. זה היה "תור הזהב" של עידן ה"למידה בדרך הגילוי".

3.2 המעבדה בהוראת הכימיה

בגליון 4 של "על-כימיה" שפורסם בדצמבר 2003, הופיע מאמרה של מפמ"ר כימיה, ד"ר ניצה ברנע, בשם: החזרת הכימיה למעבדה. במאמר הזה, מוצגות ההגדרות שנוסחו על-ידי ועדת התכנית לכימיה, תיאור התוכניות שפותחו ותיאור המצב בשטח כפי שמצטייר מדיווחי מורים ומניתוחים סטטיסטיים.

להלן מספר קטעים מתוך המאמר.

(הדברים מובאים כלשונם, כפי שהם מופיעים במקור. ניתן לקרוא את המאמר המלא בכתובת הבאה:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/center/iton/4/mabada.html>)

בהיותה של הכימיה מקצוע מדעי אמפירי יש חשיבות עצומה להוראתה דרך התנסות עצמית של התלמידים ולא רק בהוראה כיתתית פרונטלית של המורה.

מחקרים בין-לאומיים שונים מראים כי עמדות תלמידים כלפי מקצועות מדעיים תלויות במידת השתתפותם הפעילה בלימודים. תלמידים מעדיפים להיות מעורבים בתהליך הבנייה של תוכנית הלימודים ובשיטות ההוראה. כאשר מורים מראים עניין אישי

3. הוראת המדעים בישראל

בישראל ניתן מקום מרכזי למעבדה בהוראת ביולוגיה, כימיה ופיזיקה. כדי ללמוד על החשיבות של המעבדה במקצועות האלה נביא מספר קטעים שנלקחו מתוך אתרי הפיקוח ומהאתרים של מרכזי המורים הארציים בתחומים אלה. (הדברים מובאים כלשונם, כפי שהם מופיעים במקור, באתרים השונים).

3.1 המעבדה בהוראת הביולוגיה

מתוך אתר הפיקוח על הוראת הביולוגיה

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Biology/TochnitLimudim/Maasit/Maabada/PatiahMaabada.htm

הפעילות המעבדתית היא אבן יסוד בהוראת הביולוגיה, ולפיכך פעילות זו תשולב בלימוד העיוני בכל רמת הוראה. הפעילות המעבדתית, הן המתבצעת על ידי התלמידים עצמם והן זו הנעשית על ידי המורים בניסויים המודגמים, מהווה חלק בלתי נפרד בתהליך ההוראה-למידה.

המעבדה מאפשרת לתלמיד אופן למידה ייחודי, "הלמידה המעשית".

לפי פרופ' תמיר (מתוך החקר והוראת הביולוגיה 1971) יש 10 מטרות להוראה המשלבת ניסויים במעבדה:

- א. להדגים ולהמחיש תופעות שנלמדו בכיתה ובספר
- ב. לאסוף נתונים ולשחזר ניסויים שכבר בוצעו בעבר
- ג. לבדוק השערות
- ד. לרכוש מיומנויות וטכניקות מחקר
- ה. ללמוד לצפות ולמדוד בדייקנות
- ו. להתאמן בארגון הממצאים ובדיווחם
- ז. לסייע בהבנת המדע כחקר
- ח. לפתח את האמון במדע כדרך של פתרון בעיות
- ט. להבחין בין החלק השגרתי והחלק המגלה - החדש בעבודה המדעית
- י. לעסוק במדע כחוקר ולא כצופה מהצד (מעורבות)



מטרות היחידה כפי שהוגדרו על-ידי ועדת התכנית:

- * הכרת עקרונות הכימיה הלכה למעשה
- * המחשת התכנים העיוניים
- * פיתוח סקרנות ועניין בכימיה
- * פיתוח כלי עבודה מחקריים (כגון תכנון ניסוי)
- * פיתוח כישורי חקר ועבודה עצמאית
- * הפיכת הכימיה לרלוונטית
- * פיתוח חשיבה ביקורתית

מתוך פרסום של ועדת הסילבוס בכימיה ליחידה 4-5

במסגרת הלימודים המתקדמים לבגרות - אין ערוך לעבודה מסודרת במעבדה כימית. עבודה במעבדה מלמדת יותר מכל את מהותה המדעית האמיתית של הכימיה. התלמידים מתמודדים בפועל עם העקרונות התיאורטיים שאותם למדו בשיעור, באופן זה הניסוי במעבדה ממחיש את הנלמד מזווית אחרת. סוגי הפעילות הניסויית הקיימים או המומלצים הם: הדגמת מורה (לא מהווה חלק של עבודת המעבדה), מעבדה מונחית, מעבדת חקר, מעבדה ממוחשבת, מעבדה ממוזערות, מיני מחקר, ניסויים דרך מדיה. המיומנויות הנרכשות בניסוי סגור: עבודה לפי הוראות, שימוש בכלי עבודה, רישום וארגון תצפיות, ניתוח תוצאות, דיווח מדעי. המיומנויות הנרכשות בחקר פתוח: שאילת שאלות, העלאת השערות מדעיות, תכנון מערך ניסוי, אישוש השערה, חיפוש מקורות להכרת הרקע המדעי.

3.3 המעבדה בהוראת הפיזיקה

מתוך אתר המרכז הארצי של מורי הפיזיקה: (הדברים מובאים כלשונם, כפי שהם מופיעים במקור, בכתובת <http://62.90.118.237/>)

הפעילות המעבדתית היא אבן יסוד בהוראת הפיזיקה, ולפיכך תשולב באופן שוטף וקבוע בלמידה ותהיה חלק בלתי נפרד ממנה.

באתר המרכז הארצי של מורי הפיזיקה ניתן למצוא רשימת פעילויות מעבדה המונה מעל ל-400 ניסויים. הפעילויות ממויינות לפי סוגים שכל אחד מהם נועד להדגיש מיומנויות אחרות.

<http://62.90.118.237/Index.asp?ArticleID=805&CategoryID=627&Page=1>

ותמיכה בתלמיד והאווירה בשיעור מעודדת, התלמידים יבחרו להמשיך בלימודי המדעים.

הגורמים המשמעותיים ביותר המשפיעים על עמדות התלמידים שנמצאו במחקרים אלו היו:

- תפיסה עצמית של היכולת שנמצאת ביחס ישר להישגים במדעים.
- מידת ההנאה ממדע מתייחסת לתחושת השמחה של התלמיד הנובעת מחוויותיו במדעים. פעילויות המערבות מעבדה מדווחות כמשפיעות באופן חיובי ביותר על הנאת התלמידים.
- הרלוונטיות של שיעורי המדע ככל שהתלמיד תופס את לימודי המדעים כשימושיים יש סיכויים סבירים יותר שיבחר להמשיך בלימודי מדעים.

גם מחקרים שנעשו בארץ ובתי-ספר המלמדים את המעבדות החדשות בגישות החקר מצביעים על עניין רב והתלהבות בקרב תלמידים ומורים כאחד. בנוסף, שיפרו תלמידים אלה את מיומנויות החקר וההבנה המדעית שלהם.

בעידן של חילופי גברי בפיזיקה, ובהיכנסו למילניום השלישי, נבדקו תוכניות הלימודים בכימיה והן עוברות שינוי והתאמה לשנות ה-2000. במסגרת ועדת התוכנית עלה הצורך להחזיר את יחידת המעבדה כמרכיב מרכזי בתוכנית במתכונת אחרת וחדשה. אנשי ועדת מקצוע הכימיה וחברי ועדת התוכנית רואים חשיבות רבה בקיום מעבדות בשילוב עם תכנית הלימודים.

הרעיון לפתח יחידות מעבדה - מעבדה חוקרת ו/או מעבדה ממוחשבת - עלה כדי שבעתיד נוכל לחייב כל תלמיד הלומד כימיה ביחידת מעבדה שתהיה שווה ליחידת לימוד אחת כפי שקיים במקצועות מדעיים מקבילים כמו בביולוגיה ובפיזיקה. [...] ההצעה היא כי במהלך השימוש במעבדה תינתן הזדמנות לפתח מיומנויות חקר, מיומנויות שימוש במחשב, ומיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, תוך כדי יישום החומר התיאורטי הנלמד במהלך השיעורים. שיעורי המעבדה יתבצעו בקבוצות, ובכך נפתח בקרב תלמידינו את המודעות לעבודת צוות החשובה כל כך בחיי העבודה העכשוויים.



4. המעבדה במדעי המחשב

הוועדה בראשות דנינג (Denning et al, 1989) מדגישה את חשיבות המעבדה בלימוד תכנות. הוועדה מציינת שהמעבדה באה לשרת שלוש מטרות:

- להדגים את היישום הקונקרטי של העקרונות והמושגים המופשטים שנלמדו בכתה,
- להדגיש את התהליכים של התכנות,
- להציג את שיטות הניסוי והמחקר של הדיסציפלינה.

בעקבות הדו"ח הזה, גם תוכניות הלימודים שפותחו בארה"ב שמות דגש מרכזי על המעבדה שאמורה להעשיר ולהעמיק את ההוראה המתבצעת בהרצאות.

בשנת 1996 התפרסם דו"ח מקיף על השימוש במעבדה במסגרת הוראת מדעי המחשב. הדו"ח הוכן על ידי קבוצת חוקרים בראשות Knox ו-Wolz והוא מתמקד בשישה תחומים:

1. המיקוד של הקורסים: קורסי מבוא וקורסים מתקדמים במדעי המחשב, קורסים של אוריינות מחשבים וקורסים כלליים לסטודנטים שמדעי המחשב אינו תחום הלימוד העיקרי שלהם. בין היתר, נבחנו קורסים באוטומטים, הנדסת תוכנה, בינה מלאכותית, מערכות הפעלה, ניתוח אלגוריתמים, מסדי נתונים, ארכיטקטורה ותכנות מונחה עצמים.
2. היחסים בין ההרצאה לבין המעבדה וארגון תכני הלימוד. במסגרת זו הוגדרו 5 משתנים שמאפיינים את היחסים האלה: כיצד משתמשים במעבדה, מהם התכנים שנלמדים במעבדה, מה עושים הלומדים במסגרת המעבדה, מהו אופי האינטראקציה בין המורה לתלמידים במעבדה, ומהן מטרות הלמידה (הרמה אליה נדרשים הלומדים להגיע). האינטראקציה בין המשתנים האלה קובעת את יעילות המעבדה.
3. פדגוגיה: אינטראקציה של המורה עם התלמידים, שיתוף פעולה בין התלמידים והערכה.
4. הקמת מאגר אינטרנטי: קביעת סטנדרטים לפיתוח חומרים למעבדה, מתוך כוונה להעמיד את כל החומרים האלה לרשות הכלל ברשת האינטרנט.
5. תמיכה מוסדית: מה נדרש מבחינת צוות ההוראה וארגון המעבדות.

6. טכנולוגיה: סוגים שונים של מעבדות (כולל למידה מרחוק)

מחברי הדו"ח מאמינים שרוב הקורסים במדעי המחשב יכולים להרוויח משימוש במרכיבי מעבדה. לדעתם, ניתן להשתמש במעבדות הן לצורך עבודת חקר והן לצורך הבהרה של מושגים מורכבים. הם טוענים שיש לעודד עריכת ניסויים במעבדת מדעי המחשב בכל הרמות כיון שזהו אמצעי חשוב לרכישת ידע. (שם, עמוד 168)

5. אחרית דבר – איך נראות המעבדות שלנו?

האם אנחנו תופסים את הפעילות המעבדתית שלנו כאבן יסוד, כפי שהיא נתפסת בכל המדעים האחרים? האם אנחנו רואים בה חלק בלתי נפרד מתהליך ההוראה-למידה וכיצד התפיסה הזו באה לידי ביטוי בארגון ההוראה של מדעי המחשב?

אחת מהאפשרויות לחזק את ההתייחסות להוראת מדעי המחשב כאל מקצוע מדעי, היא בעזרת מתן דגש בולט יותר לשילוב המעבדה בהוראת המקצוע. לדעתי, אין די בכך שעבודת המעבדה תופסת נפח נרחב במסגרת היחידה השלישית במדעי המחשב (899127) או במסגרת הפרויקטים של הנדסת תוכנה. עלינו למצוא מקום נרחב יותר לעבודה מושכלת במעבדה גם ביחידות האחרות, ובפרט ב"יסודות מדעי המחשב" וב"עיצוב תוכנה".

אם נקבל את התפיסות שמוצגות במקורות שהובאו קודם לכן, הרי ששיעורי המעבדה לא יכולים להתבסס רק על הרצה של התוכניות שהוצגו בכיתה. עלינו למצוא דרכים לנצל את שיעורי המעבדה גם לפעילויות של בדיקת השערות ופיתוח מיומנויות מחקר. המשימה הזו אינה פשוטה כלל ועיקר. אבל אם נצליח לפתח מאגר של פעילויות מתאימות, העבודה הקשה הזו תסייע לתלמידינו בלימוד המקצוע ואולי תסייע לנו בשיפור ההתייחסות אליו כמקצוע מדעי.

בהמשך תוכלו למצוא 4 מעבדות שמנסות להתמודד עם האתגר. כולן מבוססות על העקרון של הוראת נושא חדש דרך המעבדה – לפני שהנושא הוצג בכיתה. (מעבדות נוספות תוכלו למצוא באתר המרכז הארצי.)

מקורות

Denning, P.J., Cormer, D.E., Gries, D., Mulder, M.C., Tucker, A.B., Turner, A.J., Young, P.R. (1989). Computing as a Discipline. In *Communications of the ACM*, Vol. 32, No. 1, pp. 9-23.

Knox, D., Wolz, U. Joyce, D., Koffman, E., Krone, J., Laribi, A., Myers, J. P., Proulx, V. K., Reek, K. A., (1996). Use of laboratories in Computer Science education: guidelines for good practice. *Report of the Working Group on Computing Laboratories. Integrating Tech. into C.S.E.* 6/96 Barcelona, Spain.

Ma, J., Nickerson, J.V. (2006). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, Vol. 38, No. 3, Article 7, Publication date: September 2006.

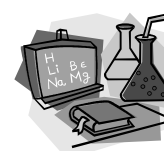
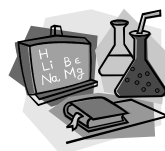
Magin, D. J., Churches, A. E., & Reizes, J. A. 1986. Design and experimentation in undergraduate mechanical engineering. In *Proceedings of a Conference on Teaching Engineering Designers*. Sydney, Australia. Institution of Engineers, 96–100.

Nersessian, N. J. 1991. Conceptual change in science and in science education. In *History, Philosophy, and Science Teaching*, M. R. Matthews, Ed. OISE Press, Toronto, Canada, 133–148.

המעבדה הראשונה מוקדשת להכרות ראשונה עם עצמים ופותרת על-ידי די"ר תמר פז לסטודנטים במכללה. אבל ניתן להעזר בה כמובן גם לתלמידי תיכון. שלוש המעבדות הנוספות מיועדות לתלמידי יסודות הלומדים בשפות החדשות והן נכתבו על ידי מורים, משתתפי קורס מובילי יסודות תשס"ז. אני מקווה שתוכלו להסתייע במעבדות האלה בכיתותיכם ואולי זה יהיה הצעד הראשון בבניית מאגר גדול של מעבדות שיעמדו לרשות כל המורים המעוניינים.

מעבדות שתוכלו למצוא באתר המרכז הארצי:

אבן חיים שמעון, חכמון אסנת	תכונה מורכבת במחלקה
אבני יהודה, גרינולד אביטל, דני קשת	תכונות מופע ותכונות מחלקה
אלנקרי רוני, אפלבוים אסתי, לודמר רחל	העברת פרמטרים בפעולה סטטית
בונימוביץ לביא, סגל זקלין, רודריק ורד	מבוא למחרוזות
דורית כהן	מחרוזות
יעקובוביץ לאה, עירוני רות	מספרים אקראיים
ביטאר ניזאר, גבאלי ראמי, כבהה וגיה, חאגי יחיא אקת'ם, עבאס סאמח	התנייה
בילצ'יק יעל, גרין עדי	שיעור תכנות ראשון (אחרי ההקדמות)
קופרמן גיטה	מספרים אקראיים
יונה יהושע	לולאת for



יש לכם הצעות נוספות לשיעורי מעבדה ב"יסודות מדעי המחשב" או ב"עיצוב תוכנה"? שילחו אלינו את ההצעות שלכם ונצרף אותן למאגר המעבדות.