



"כימיה בגישה חוקרת": יחידה בהשלמה מ-3 יח"ל ל-5 יח"ל בכימיה

היכרות ראשונית

רלי שור, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע

ntshore@wisemail.weizmann.ac.il

מבוא

הכימיה היא מדע ניסויי, אך בחטיבה העליונה של בית הספר התיכון, ובייחוד בכיתות המתמחות בכימיה, ממעיטים בדרך כלל בחשיפה לעבודה מעשית, בטענת חוסר זמן. לפיכך הורגש צורך בהגברת המרכיב הניסויי בלימודי הכימיה. העבודה המעשית - אם בצורת הדגמות ואם בצורה הרצויה יותר, של עבודה עצמית של התלמידים - היא דרך חשובה לשיפור איכות ההוראה במדעי הטבע, ופועלת גם בתחום המוטיבציה ללמידה בהציגה מגוון אסטרטגיות הוראה.

אחת המטרות של הפרויקט הייתה להציע עבודת מעבדה "אחרת", שבה יתנסה התלמיד בהדגמה/ חיקוי של התהליכים שבאמצעותם מתפתח המדע בכלל ומדע הכימיה בפרט. העבודה המעשית תגרה את עניינו של התלמיד ותהיה רלוונטית ועדכנית ככל האפשר.

ההוראה באמצעות חקר במדעים קיבלה תאוצה רצינית בעשור האחרון, בארץ ובעולם. לפעילויות הכרוכות בעבודה מעשית ניתן מקום מרכזי בתכניות הלימודים בכימיה, ובייחוד הודגשו היתרונות הרבים של פעילות תלמידים במעבדה (Hofstein & Lunetta, 1982, Lunetta, 1998). פעילויות חקר המתוכננות כהלכה משפיעות על הלמידה בכך שהן מסייעות בהבניית עולם המושגים של התלמידים ובהבנת טבעו של המדע. פעילויות החקר מועילות במיוחד כשהן צמודות לתוכנית הלימודים. ניסויים המבוצעים על ידי תלמידים, כשהם מוגשים בצורה הולמת, משפיעים במידה רבה גם בתחום המוטיבציה. ניסויי חקר הוגדרו (Hofstein & Walenberg, 1995) כניסויים שבהם התלמיד בוחר שאלה שברצונו לחקור, מעלה ומנסח השערה, מתכנן ניסוי ומבצע אותו, אוסף תצפיות ומנתח נתונים, מסיק מסקנות בנוגע לתופעות מדעיות ומפתח מיומנויות חקר.

מטרת התכנית היא לפתח לומד בוגר בעל חשיבה עצמאית, שמסוגל להשתלב בפיתוח שיטות חדשות וביעול דרכים קיימות, להבין תופעות, לדעת לבחון חלופות ולבחור את המתאימה ביותר כדי לענות על שאלה מסוימות, לדווח בצורה בהירה ומקובלת על תוצאות עבודתו ולהתמצא גם בנושאים שלא נכללו בתכנית הלימודים. התוכנית גם משתלבת בכוונות משרד החינוך להעביר חלק מתחומי ההערכה לרמת בית הספר.

הדגש צריך להיות בפיתוח מיומנויות חקר ומחקר. מיומנויות אלה ניתן לפתח לא רק במעבדה, בעקבות ניסוי שהתלמיד מבצע, אלא גם בעקבות מאמר, סרט, הדגמה, לימוד חומר עיוני וכד'. כדי להצליח בהפעלת תכנית לימודים כלשהי, חשוב ביותר לתת למורים כלים להתמודדות עם מטרות התכנית ועם הדרכים להפעלתה, ובכלל זה הכשרת המורים להכנת חומרי למידה חדשים ולהסבת חומרי למידה ישנים לרוח התוכנית. כללית, ידוע שצריך להיות תיאום בין דרכי ההערכה לדרכי ההוראה. לפיכך יש להתאים את הדרכים להערכת העבודה המעשית לדרכי ההוראה. עד כאן, הרקע להולדתה של תכנית הלימודים "כימיה בגישה חוקרת".

מידע על התכנית

התכנית כוללת הנחלת מיומנויות חקר בכל הזדמנויות אפשרית וגם גיוון בעבודה המעשית, בניסיון לתת מענה לכל אחת מן הנקודות שהוזכרו לעיל. נקודת המוצא היא: המורה אוטונומי לבחור ולהתאים את חומרי הלמידה לתלמידיו, ויש באפשרותו ליצור חידושים משלו, עם דגש מיוחד על רלוונטיות לעולם הסובב.

קהל היעד

הנושא המוצע מיועד לתלמידים בכיתות י"א ו-י"ב הלומדים כימיה בהיקף של 5 יחידות לימוד. התכנית היא דו-שנתית למרות שההערכה מהווה חלק מן ההשלמה מ-3 ל-5 יל. היקף: יחידת לימוד אחת מתוך שתי יחידות ההשלמה מ-3 ל-5 יח"ל. ביחידה הנוספת התלמידים לומדים תרמודינמיקה, שיווי משקל של חמצון-חיזור ונושא אחד מתוך מגוון הנושאים לבחירה. התלמידים עונים בכתב על שתי שאלות בשאלון 037203 ההשלמה מ-3 ל-5 יח"ל. ההערכה בתכנית "כימיה בגישה חוקרת" נעשית על ידי המורה עצמו, עם בקרה מטעם משרד החינוך.

מטרות התכנית

בתחום הקוגניטיבי, לפתח:

הכרה של שיטות חקר ומחקר כדרך של התפתחות המדע
חשיבה מדעית
יכולת להגדיר שאלות מחקר
מיומנויות חקר, כגון:

תיאור ותייעוד של תצפיות
 העלאה וניסוח של השערות
 הצעת דרכים/תכנון ניסויים לאישוש/הפרכה של השערות
 דיון בתוצאות והסקת מסקנות
 הצעת שאלות חדשות המתעוררות בתוך כדי ביצוע החקר
 יכולת להתמודד עם ספרות מקצועית ו/או מקורות מידע ממוחשבים, לנתח פרסומים מדעיים, להתייחס
 בביקורתיות לכתבות ולפרסומים אחרים בנושאים מדעיים.
 הבנה של הקשרים בין ההתפתחויות במדע ובין נסיבות חייהם ההיסטוריות/חברתיות של המדענים.
בתחום האפקטיבי:
 שיפור היחס למדע בכלל ולכימיה בפרט
 שיפור מיומנויות העבודה בצוות

פירוט מרכיבי התכנית

1. לימוד בגישה חוקרת של נושאים שונים הכלולים בתכנית הלימודים :
 הצגה של תיאוריות וחוקים מדעיים בדרך ובהקשר שבהם הופיעו ושל הדרך הדינמית שבה השתנו
 והתפתחו מבחינה מדעית ומבחינה היסטורית.
2. ביצוע **ניסויי חקר** בדרגות קושי שונות וברמות חקר שונות (חקר פיתוח, חקר מודרך, גילוי):
 רישום ודיווח של תצפיות
 הגדרת שאלה לחקר
 העלאה וניסוח של השערה
 תכנון ניסוי לבדיקת ההשערה
 דיווח על תוצאות הניסוי
 הסקת מסקנות
 דיווח על הניסוי כולו בפרסום מדעי לכל דבר או בדרך אחרת שתיבחר
3. הכרת השפה המדעית והדרכים לתקשורת במדע - הכרה וניתוח של פרסומים מדעיים.*
 לימוד ותרגול של הדרכים לתקשורת מדעית על ידי שימוש במאמרים ובכתבות מתוך פרסומים מדעיים
 ומתוך אמצעי התקשורת הכתובים והאלקטרוניים - האפשרויות בלתי ממוגבלות כמעט.
 איך לכתוב?
 איך לבחור?
 איך לקרוא?
 איך להבין?

* הפרסומים בנושא מדעי ספציפי, בנושא הכרוך בהתפתחות המדע, בהיבטים היסטוריים/פילוסופיים של
 התפתחות המדע - מרשימה נתונה או על פי בחירה אישית.

איך להציג נושא מדעי בדרך ברורה לקהלי יעד שונים (כולל תוספות להמחשה, הבהרה וכו')?
בשלב מסוים של רכישת מיומנויות חקר/מחקר ניתן להוסיף:
4. ביצוע מחקר/נושא שנבחר על ידי התלמידים עצמם (בשלב זה רק כחלק מהתכנית הקיימת) ואף
הוספת יחידת לימוד נוספת (שישית?) שתכלול מחקר/פרויקט - בנושא שנבחר על ידי התלמידים.
אפשרות נוספת היא הרחבה:

* ביצוע עבודת מחקר/פרויקט בהיקף של עבודת גמר (4 יל).

לצורך זה, ניתן להוסיף גם מיומנויות מחקר כגון:

כתיבת הצעת מחקר

תכנון וביצוע מחקר/פרויקט

דיווח ודיון בתוצאות המחקר/הפרויקט

הכנת רשימה ביבליוגרפית

הצגת המחקר/הפרויקט בפני קהלים שונים (מקצועי, לא מקצועי)

דרכי ההערכה

מאחר שהמטרה היא להעריך גם את תהליכי למידה, ולא רק את תוצריה, הוחלט לקיים בתכנית הערכה
חלופית. הערכת התלמידים נעשית על ידי המורה עצמו.
ההערכה נעשית בצורה מתמשכת.
הערכת עבודתו השוטפת של התלמיד נעשית בשתי דרכים ובכלי הערכה ייחודיים שפותחו במשולב עם
התכנית:

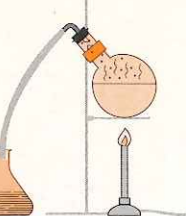
הערכת דוחות מעבדה "חמים"

הערכה מתוך צפייה בתלמידים בזמן ביצוע ניסויים

כמו כן: על כל תלמיד להכין תיק עבודות.

לכל אחת מן המשימות השונות נקבעים קטגוריות וקריטריונים ברורים להערכה.

כלים ייחודיים להערכה פותחו על ידי תמי לוי נחום במסגרת עבודתה לקבלת תואר Sc.M במחלקה
להוראת המדעים במכון ויצמן למדע, בהנחייתם של ד"ר רות בן צבי ופרופ' אבי הופשטיין ובשיתוף
פעולה הדוק עם מורי הניסוי.



להלן דוגמה לניסוי חקר :

ניסוי בבקבוק

כלים וחומרים:

כלי סגור בנפח 500 מ"ל ובו 300 מ"ל תמיסה מימית A ו- 1 מ"ל תמיסה כהלית B.

הקפידו לא להזיז את המערכת!

הוראות כלליות:

קראו היטב את מהלך הניסוי. בתום כל שלב שתבצעו עליכם לתאר את המתרחש. הקפידו על דיווח ברור ומאורגן של תצפיותיכם.

שלב א': מהלך הניסוי

I 1. טלטלו את המערכת מספר טלטולים נמרצים ואחר כך הניחו את המערכת ללא תנועה.

תארו את המערכת על כל פרטיה ורשמו תצפיות כל 10-15 שניות, במשך 3 דקות.

2. חזרו על השלבים שבסעיף (1) פעמיים נוספות.

3. השוו בין תוצאות שלושת הניסויים.

II 4. העבירו בזהירות את התמיסה לכלי אחר. סגרו בפקק. הניחו את המערכת ללא תנועה.

תארו את המערכת על כל פרטיה ורשמו תצפיות כל 10-15 שניות, במשך 3 דקות.

5. החזירו כמחצית מן התמיסה לכלי המקורי, פתחו בזהירות את הפקק, הוסיפו 100 סמ"ק

מים מזוקקים, החזירו את הפקק והניחו את המערכת ללא תנועה.

תארו את המערכת על כל פרטיה ורשמו תצפיות כל 10-15 שניות, במשך 3 דקות.

שלב ב': מהלך החקר

I. ❖ אילו שאלות מתעוררות בקבוצה בעקבות התצפיות שנערכו?

❖ מתוך השאלות שהעלתם בחרו שאלה אחת שברצונכם לחקור.

❖ נסחו השערה המתייחסת לשאלה שבחרתם לחקור.

❖ תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.

❖ פרטו את בקשתכם לציוד ולחומרים על גבי טופס בקשת הציוד.

❖ התייעצו עם המורה.

❖ העבירו את רשימת הציוד והחומרים ללברנטית.

II. ❖ בצעו את הניסוי שהצעתם, ובכל שלב: רשמו את כל התצפיות הציגו ונתחו את התוצאות.

❖ סכמו את מסקנותיכם (שלב בדיווח התייחסות לכל שלבי החקר).

❖ אילו שאלות ורעיונות נוספים מתעוררים בעקבות פעילות החקר שבצעתם בשלב II?

דבועה (דילמה)!

המאפיינים המודגשים בהוראת התכנית :

- ביצוע העבודה המעשית בקבוצות קטנות - שהרכבן מוחלף לפי הצורך - תוך תשומת לב גם להיבט החברתי ולפיתוח מיומנויות של עבודת צוות. רק לעתים רחוקות מתבצעות משימות בצורה יחידנית.
- שאילת שאלות: גיוון של הדרכים שבהן שואלים את התלמידים שאלות, עונים להם ומעודדים אותם לשאול שאלות.
- טכניקות של פתרון בעיות והבחנה בין "שאלות" ל"בעיות".
- גישה הומניסטית המשלבת היבטים פילוסופיים, היסטוריים, פסיכולוגיים ואישיותיים.
- מציאת הקשרים לתחומים אחרים הנלמדים בבית הספר - קרובים יותר, כגון פיזיקה וביולוגיה, אך גם רחוקים יותר, כגון אנגלית וצרפתית (על ידי מאמרים בנושאים מדעיים וכימיים בשפות אלה), גיאוגרפיה, אמנות, מוזיקה, ספורט, וכמעט כל תחום קרוב ללבו של התלמיד. זאת, מתוך ההנחה שהלמידה פורייה יותר כשהלומד עוסק בדברים שיש לו עניין בהם.
- מתן אוטונומיה למורים ולתלמידים.

המשאבים הדרושים :

קבוצות לימוד קטנות יחסית

מספר שעות מספיק, שכן עבודה מסוג זה גוזלת זמן רב
לבורנט/ית מנוסה ומוכן/נה לעבודה המגוונת הדרושה

הכשרת מורים :

בשלבים הראשונים, החשיפה לתכנית נעשתה - בצורה חלקית - בפני מורים שהשתתפו בהשתלמויות שונות, כחלק אינטגרלי של ההשתלמויות. המוטו של ההשתלמויות והקורסים המאורגנים בנושא, "דוגמה אישית היא ההרצאה הטובה ביותר", מתייחס במקרה זה לא רק למתרחש בהשתלמות, אלא גם לעובדה שכל מרכיבי התכנית נוסו תחילה על ידי מפתחיה.

בשלב זה ההשתלמויות הן חובה למורים המבקשים להפעיל את התכנית, ומהוות למעשה שדה ניסוי למה שיקרה בכיתה, המורים המשתלמים מקבלים אוטונומיה וזמן נרחב ליצירתיות. התברר, שמורים רבים העדיפו לקבל בהתחלה "מרשמים בדוקים" מן המוכן וחומרים תכליתיים שאפשר להעבירם מיידית לשימוש בכיתה. קשה במיוחד היה לשכנע את המשתלמים, שלהבדיל מתכניות אחרות שבהן הורגלו, כאן הדגש הוא על המיומנויות, ואילו התכנים נקבעים על ידי המורים עצמם. לפיכך היה חשוב להבהיר למורים, שהם באים להשתלמות שאיננה תכנית סגורה, עם חומרי הלמידה מתוכננים מראש ומוכנים להפעלה.

בהשתלמויות, המורים מתנסים בכל המיומנויות ובכל שלבי העבודה שהתלמידים יתנסו בהם בכיתה.

הם גם מתרגלים מיומנויות המאפיינות את עבודתו של המורה בתכנית זו - בראש ובראשונה, רכישת כלים לקבלת אוטונומיה, כמו גם "אומץ" לתת אוטונומיה לתלמידים. בשילוב בין צורכי התכנית לצורכי המורים, הפכו ההשתלמויות להשתקפות של מה שאמור לקרות בכיתה. למשל, כחלק אינטגרלי מההשתלמות, המורים מקבלים הנחיות כיצד להכין חומרי למידה בעצמם ו/או להתאים חומרים קיימים לתלמידיהם ולצורכי ההוראה והלימוד שלהם.

מכיוון שהתכנית עדיין מוגדרת כניסויית, מורשים, בשלב זה, להיכנס לתכנית רק מורים שעברו השתלמות אינטנסיבית של 56 שעות במתכונת הנ"ל. עם הפעלת התכנית, הוחלט לתת תמיכה למורי הניסוי וללוות אותם בעבודה היום-יומית על ידי יצירת מסגרת שבה הם נפגשים ויכולים להחליף דעות.

סיכום הפעלה: (נכון ל- 1.11.2001)

שנת הלימודים	מספר המורים	מספר התלמידים
תשנ"ח	3	60
תשנ"ט	5	160~
תש"ס	12	282~
תשס"א	25	600~
תשס"ב	60	1800~

דיון ומסקנות

מהנתונים הנ"ל, ומן העובדה שמתוך כלל המורים שעברו השתלמויות אינטנסיביות (כ-200 מורים), רק 60 מפעילים את התכנית, עולה שהתוכנית אינה קלה לעיכול מיידית על ידי כלל המורים, וזאת בגלל היבטים מספרי:

אין למורה "שליטה" מוחלטת על הנעשה, הן מבחינת הנושאים הנבחרים על ידי תלמידים לצורך חקר (והן מבחינת המשמעת) כשעובדים בקבוצות, יש מה שניתן להגדיר כ"רעש חיובי" (ולא כל מורה מוכן לכך).

המורה חייב להיות מנוסה על מנת שיוכל לגלות פתיחות. מאידך, אם הוא "מנוסה מדי", (מקובע?),

הדבר עלול להיות לו לרועץ.

הלימוד כחקר דורש זמן - הגיוון גוזל זמן יקר

הערה : אין הכוונה לחקור בכל זמן וכל הזמן! בהתחלה, אולי כדאי לעשות זאת לעתים רחוקות בלבד, כדי לראות את הברק המיוחד בעיני התלמידים - שאיננו דבר של מה בכך!

הערה : לפני זמן מה, במסגרת פעילות שקראנו לה "המדען בטריטוריה שלו", התארחת קבוצת משתתפים בקורס למנהיגות בקרה באחת ממחלקות מכון ויצמן. שני מדענים בעלי שם עולמי בתחומם הרצו לנו על הנעשה בחזית המדע, וגם אפשרו לנו לסייר במעבדות המחלקה. שניהם ציינו, שחשוב יותר שהאנשים המגיעים ללימודי M.Sc. או Ph.D. (אין לימודי תואר ראשון במכון ויצמן) יהיו בעלי **מיומנויות חשיבה**, וחשוב פחות כמה מידע צברו.

לסיכום:

לפי כל האמור לעיל, עדיף לדעתי שהנושא יישאר נושא בחירה. יש להזכיר כאן את דברי קארל פופר: "כל פתרון של בעיה מעלה בעיות חדשות שטרם נפתרו".
התכנית דינמית ומשתנה כל הזמן, בניסיון לשפרה, גם על פי המשוב מן השטח.
מתקיים מגע שוטף עם מורי הניסוי, ניתנת להם תמיכה, והערותיהם נלקחות בחשבון. כך, לדוגמה, חלו שינויים רבים בכל הקשור לכלי ההערכה (ועוד היד נטויה).

REFERENCES

- Gabel,D.L&Bunce,D.M (1994) . Research on Problem Solving in Chemistry. In Dorothy Gabel (ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*,(pp.301-326).New-York. Macmillan.
- Herron,D.(1978). 'Piaget in the Classroom. *Journal of Chemical Education*, Vol 55, No3, pp.165-173
- Hofstein, A., & Walberg, H, J.(1995 .)Instructional strategies, in B.J. Fraser. & H.J. Walberg., (eds.) *Improving Science Education: an International Perspective*. The NSSE Yearbook (pp. 1-20) Chicago; Chicago University Press.
- Hofstein, A. & Lunetta, V, N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of Research. *Review of Educational Research* 52 ,201-217.
- Hofstein, A., Ben-Zvi, R. & Carmeli, M. (1990). Classroom Behaviour of Exemplary & Non-exemplary Teachers . *Research in Science & Technological Education*, Vol. 8, No. 2, pp.185-193.

Kempa,R.F.(1992). Matching Instructional Strategies to Students Learning Styles : Keele University,Staffordshire,UK.

Lunetta,V.&Novick,S.(1989).*Problem Solving in the Physical Sciences*. Dubuque,Iowa : Purdue.

Steiner,R.(1980). Encouraging Active Student Participation in the Learning Process. *Journal of Chemical Education*, vol 57,No.6, pp.433-434.

בעברית: בירנבוים,מ.(1997) חלופות בהערכת הישגים. רמות - אוניברסיטת תל-אביב.