

היבטי מיגדר בהוראת הפיסיקה¹

דוד סלע, משרד החינוך, ירושלים

מבוא

בארצות רבות נעשים מאמצים להשוות את מספר הבנות למספר הבנים הלומדים פיסיקה. התוצאות בדרך כלל אינן מעודדות. לעיתים קרובות גם ציוני הבנות במבחני הישגים במדעים נופלים מאלו של הבנים. דווקא בישראל, בגילאי חטיבת הביניים (כיתות ז'-ח'), התגלו ההבדלים הגדולים ביותר מבין כלל המדינות שהשתתפו במבחנים הבינלאומיים של ה-TIMSS (Third International Math and Science Study). כמו כן, בניגוד למחקרים רבים הקובעים כי הבדלים בהישגים בין המינים במדע ובטכנולוגיה מתגלים רק בחינוך העל יסודי, התגלו בארץ, במשוב הארצי למערכת החינוך (מברך, בן סימון, 1998) הבדלים משמעותיים בהישגים לטובת הבנים כבר בכיתה ו'. ההבדלים הגדולים ביותר התגלו בתחומים: אנרגיה, טכנולוגיה ומדעי כדור הארץ. ממצא דומה מתואר גם במחקר ארוך טווח שנעשה בארץ על ידי פרידלר ותמיר (1990). נתון נוסף מצביע על כך כי ההבדלים בהישגים בין בנים לבנות בפיסיקה אצלנו גדלים עם הזמן. השוואת המחקר השני של ה-IEA (International Assessment for the Evaluation of Education Achievements) במדעים, שנעשה בראשית שנות ה-80 עם זה של ה-TIMSS שנעשה באמצע שנות ה-90 מצביע כי הפער בישראל גדל, לעומת ארצות אחרות בהן הסתמנה ירידה בו (תמיר, 1999, Keeseev and Kotte, 1996).

נתונים סטטיסטיים אלו, שאינם משמחים כל עיקר, השפיעו עלינו לבחון הבדלי מיגדר בכיתות החטיבה העליונה הלומדות פיסיקה מוגברת, ברמה של 5 יח"ל. כדי לקבל תמונת מבט רחבה ככל האפשר השתמשנו בשיטות מחקר שונות, המשלבות נתונים כמותיים מתוך תוצאות בחינות הבגרות לאורך שנים, עם נתונים איכותיים מתוך ראיונות עם תלמידים. אנו

מעריכים כי הקשבה לדעותיהם של בנים ובנות על נסיונם כתלמידי פיסיקה עשויה לשפוך אור על כמה מהבעיות המפריעות לבנות מוכשרות להשתלב בלימודי הפיסיקה וכן על היבטים שונים בסגנונות ההוראה של מורים ומורות. שאלת המחקר שתעסיק אותנו יכולה להיות מנוסחת לפיכך באופן כללי באופן הבא:

אלו השפעות מיגדריות, הן ברמת המורה והן ברמת התלמיד, באות לידי ביטוי בלימודי הפיסיקה המוגברת במערכת החינוך שלנו?

דפוסי הוראה של מורים ומורות

מן המפורסמות הוא כי במערכת החינוך עיקר כוח האדם בהוראה הוא נשים. בבית הספר היסודי הן מהוות מעל 90% אולם גם בחטיבה העליונה יש יתרון מספרי לנשים. אחד מתחומי הדעת היחידים בהם מספר המורים והמורות כמעט שווה הוא הפיסיקה. (במקצועות המדע הבסיסי האחרים, כביולוגיה או כימיה, מספר המורות גבוה באופן ניכר ממספר המורים). מצב זה אפשר לנו, בקלות יחסית, לאבחן הבדלים שונים בסגנונות ההוראה של מורים ומורות לפיסיקה. בהמשך נדווח על כמה מן הבולטים בהם, הבאים לידי ביטוי בכיתות הלומדות פיסיקה מוגברת (5 יחידות לימוד).

דפוסי למידה של בנים ובנות

אם כי מספר הבנות בחטיבה העליונה עולה על מספר הבנים, והן מהוות גם את מרבית מקבלי תעודות הבגרות בכל מחזור² הרי רוב מוחלט של הלומדים פיסיקה במערכת החינוך שלנו הם בנים. במהלך 12 השנים האחרונות נשאר היחס בין בנים לבנות פחות או יותר קבוע ועומד על 75% בנים ו-25% בנות. (במקצועות המדע הבסיסי האחרים, כביולוגיה או

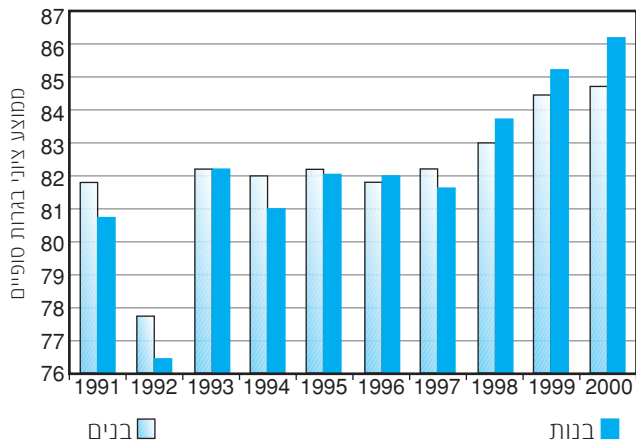
1. מאמר זה מתבסס בחלקו על מחקר שנערך על ידי ד"ר ענת זוהר מבית הספר לחינוך באוניברסיטה העברית ודוד סלע ממשרד החינוך. הנוסח המלא של המחקר יפורסם בעיתון International Journal of Science Education בסוף שנת 2002 או בראשית שנת 2003.
2. על פי נתוני השנתון הסטטיסטי ל-2001 למדו בכיתות י"ב 36527 בנות ו-34884 בנים. מתוכם היו זכאים לתעודת בגרות 20328 בנות (55.6%) ו-16373 בנים (46.9%).

שמתוכם ניסינו להסיק כמה מאפיינים של דפוסי הלמידה השונים של הבנים והבנות.

ממצאים

הבדלים בציוני בגרות

בניתוח תוצאות בחינות הבגרות בפיסיקה, לאורך 12 שנים, לא התגלו הבדלים מובהקים בין בנים לבנות בציונים הסופיים. קורה אמנם שישנם הבדלים בשנים מסוימות, אבל בהסתכלות ארוכת טווח הם מתאזנים. (תרשים 1).

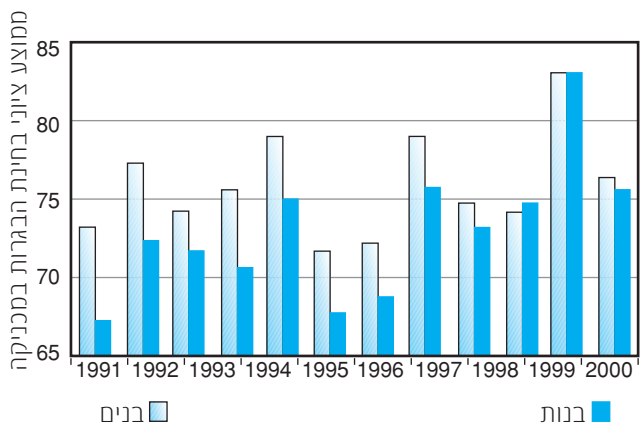


תרשים 1:

ציוני בגרות סופיים של בנים ובנות בפיסיקה ב-5 יח"ל

לעומת זאת, כאשר מפרידים את הציון הסופי לשני מרכיביו, ציון המגן וציון הבחינה (אשר משקלם זהה ושקלולם נותן את הציון הסופי), מתגלה ממצא מעניין:

בדרך כלל ציוני הבחינה מצביעים על הצלחה גבוהה יותר של הבנים (תרשים 2) אולם ציוני המגן גבוהים יותר אצל הבנות (תרשים 3). אכן בשקלול שני ציונים אלו נעלמים ההבדלים. כדי לאמת את ההשערה הנובעת מתרשים 3, כי המורים



תרשים 2:

ציוני בחינת הבגרות של בנים ובנות בפיסיקה (מכניקה) ב-5 יח"ל

כימיה, מספר התלמידות גבוה באופן ניכר ממספר התלמידים). כל המאמצים להגדיל את מספר הבנות הלומדות פיסיקה (וכן מתמטיקה ב-5 יח"ל) שנעשו בארץ ובעולם לא נשאו עד כה פירות. כדי לנסות ולהבין את המצב, ואז אולי נוכל לפעול לשיפורו, בדקנו הבדלים בסגנון הלמידה של בנות לעומת בנים. בהמשך נדווח על ממצאים לפחות בשני תחומים, בנושא התחרותיות ובשאיפה להבנה, בהם יש שוני בולט בין בנים לבנות.

מכשירי המחקר ומהלכו

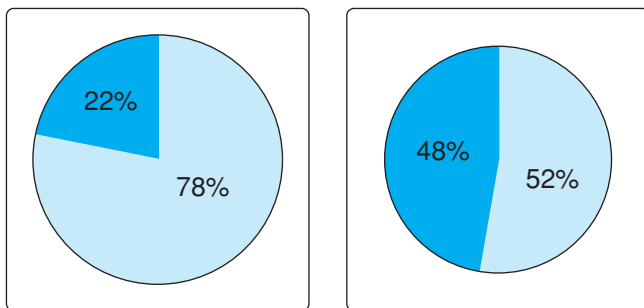
במחקר זה השתמשנו בתוצאות בחינות הבגרות בפיסיקה לאורך 12 שנים, ובהפרדה בין בנים לבנות. ניתחנו ציוני בגרות של תלמידים ביותר מ-400 בתי ספר המגישים נבחנים לרמה של 5 יח"ל. הניתוחים נעשו הן לגבי ציוני המגן וציוני הבחינה והן לגבי הציונים הסופיים, על כל אחד ממרכיבי הבחינה (מכניקה, חשמל, פרקי בחירה ובחינת המעבדה לסוגיה השונים). בשנים מסוימות הושו גם ההישגים בפיסיקה של הבנים והבנות עם ההישגים שלהם במתמטיקה ברמות השונות של הבחינה (3, 4 ו-5 יח"ל). כדי לעמוד על ההבדלים בין מורים למורות בהוראת הפיסיקה נבחרה תת-קבוצה של כ-20 בתי ספר (המייצגים את המגזרים השונים במערכת ובאוכלוסייה) אשר בהם ידוע לפיקוח כי ההוראה וההגשה לבחינות הבגרות נעשית על ידי מורות בצד תת-קבוצה דומה בה מלמדים מורים. ניתוח נפרד של ההישגים (במהלך ארבע השנים האחרונות) של קבוצות אלו איפשר לנו לעמוד על כמה מן ההבדלים בסגנונות ההוראה בין מורים למורות.

תת-קבוצה שלישית שנבדקה היו בתי ספר חד-מיניים (בדרך כלל אולפנות ומוסדות בחינוך הדתי והערבי) לעומת חתך דומה של בתי ספר בהם הכיתות מעורבות. התפלגות ההישגים בקבוצה זו אפשרה לנו לבדוק את ההשערה כי הצלחתן של בנות הלומדות בכיתות חד-מיניות גבוהה מזו של אלו הלומדות בכיתות מעורבות.

מכשיר מחקרי נוסף בעבודה זו היה ראיונות אישיים עם בנים ובנות, תלמידי כיתות י"א ו-י"ב, הלומדים פיסיקה ברמה של 5 יח"ל. בסך הכל נעשו 50 ראיונות (עם 25 בנים ועם 25 בנות) שנבחרו באופן אקראי ממרבית בתי הספר בירושלים וסביבתה. התלמידים נשאלו על הסיבות שהביאו אותם לבחור בלימודי הפיסיקה, על האווירה בכיתה, על המורים שלהם, על המבחנים, על מה שהם אוהבים או שונאים בשיעורי הפיסיקה ועל תכניתיהם לעתיד. ניתוח הראיונות הצביע על כמה הבדלים מובהקים בין תשובות הבנים לתשובות הבנות

1. היחס בין מספר הבנות למספר הבנים היה גבוה יותר בכיתות של מורות מאשר בכיתות של מורים. באופן כמותי לאורך שלוש השנים של המעקב לימדו המורות 422 בנות ו- 1091 בנים (יחס של 0.39). לעומת זאת, בכיתות המורים היו באותה תקופה 367 בנות ו- 1171 בנים (יחס של 0.31). ההפרש הוא בעל מובהקות סטטיסטית ($\chi^2 = 6.46$ $p < 0.05$) ולפיכך ניתן להסיק כי המורות כנראה משפיעות לטובה על הבנות ומושכות אותן ללימודי הפסיקה יותר מאשר המורים.

2. כידוע ניתן לבחור בין שתי מתכונות של בחינת מעבדה: בחינה בעל פה על אחד מתוך 15 ניסויים שתורגלו והוכנו מראש (המתכונת הרגילה, הקונבנציונלית) או בחינה בכתב, הנערכת בו-זמנית בכל הארץ על ניסוי בלתי ידוע (מתכונת החקר). הממצאים מראים כי לאורך כל שנות המחקר **מורים נוטים יותר לבחור את מתכונת החקר בעוד שמורות נוטות יותר למתכונת הרגילה**. תרשים 5 מראה את אחוזי הבחירה של מורים ומורות בין שני סגנונות הבחינה במעבדה באחת משנות המחקר (תשנ"ח). בדיון שבהמשך נביא סיבה אפשרית לממצא זה, הנובעת כנראה מהשוני בסגנונות ההוראה של מורים ומורות.



מורות

מורים

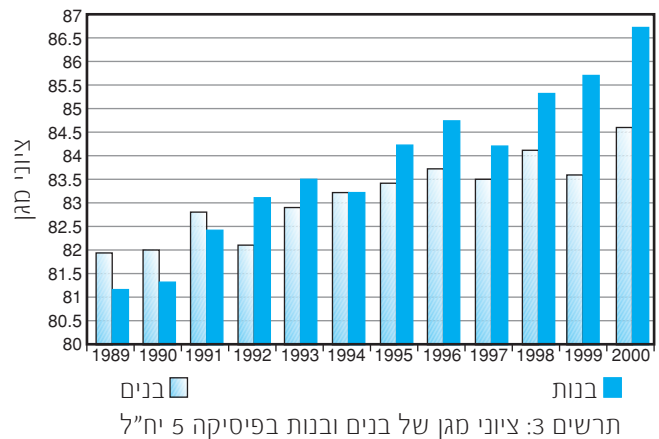
תרשים 5:

שיעורי המורים והמורות בבחירת סגנון הבחינה במעבדה לפסיקה (חקר או רגילה)

■ בחינה רגילה

■ בחינת החקר

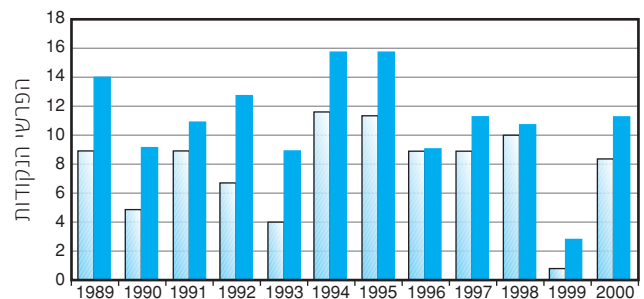
3. **ציוני המגן אצל המורות גבוהים יותר מאשר אצל המורים**. ממצא זה המצביע על כך כי מורות נוטות לתת ציוני מגן גבוהים יותר מאשר מורים, יחד עם הממצא שהבאנו קודם, שבנות מקבלות ציוני מגן גבוהים יותר מאשר בנים, מביא אותנו למסקנה כי בנות הבוחרות בפסיקה תגדלנה את סיכויי הצלחתן בבגרות אם תלמדנה אצל מורות. גם נושא זה יורחב בדיון.



תרשים 3: ציוני מגן של בנים ובנות בפסיקה 5 יח"ל

נותנים לבנות ציוני מגן גבוהים מאשר לבנים, שרטטנו בגרף 4 את הפרשי ציוני המגן והבחינה לאורך כל 12 השנים של ניתוח התוצאות. ואכן, **תרשים 4 מראה באופן עקבי כי הבנות קיבלו ציוני מגן גבוהים יותר מאשר הבנים** (בלי תלות בקושי שאלון הבחינה או בהפרשים היחסיים בין בנים לבנות, המשתנים במהלך השנים). ההפרש הממוצע מגיע ל- 3.54 נקודות (בסקלה של 100).

תרשימים 1-4 שורטטו עבור השאלונים במכניקה (המהווים רק 30% מציון הבגרות ב-5 יח"ל) אולם מגמה דומה מתגלה גם בשאר מרכיבי הבחינה בכתב, בחשמל ובפרקי הבחירה.



בנים

בנות

תרשים 4:

הפרשים בין ציוני מגן וציוני בחינה אצל בנים ובנות בפסיקה (מכניקה) ב-5 יח"ל

מורות לעומת מורים

במהלך שלוש שנים רצופות (1996 - 1998) בדקנו 25 בתי ספר, שנדגמו אקראית, אשר בהם היה ידוע לנו מינו של מורה הפסיקה המלמד ומגיש לבגרות. ב-15 מבתי ספר אלו לימדו מורים מספר כולל של 520 תלמידים וב-10 מבתי הספר לימדו מורות מספר של כ-500 תלמידים.

שלושה ממצאים מעניינים התגלו בהשוואה בין תלמידי המורים לתלמידי המורות (כל בתי הספר במדגם זה היו מעורבים, כלומר אותן כיתות הכילו גם בנים וגם בנות):

דפוסי למידה של בנים לעומת אלו של בנות

ניתוח הראיונות האישיים עם בנים ובנות, שנערכו במהלך המחקר, הצביעו על כמה הבדלים בולטים המצביעים כנראה על שוני בדפוסי הלמידה בין המינים. להלן נתייחס לשני תחומים בהם התגלו הבדלים משמעותיים: תחרותיות ושאיפה להבנה.

תחרותיות

בנות רבות מדווחות כי התחרותיות (הגלויה והסמויה) הקיימת בכיתה מפריעה להן בלמידה ומונעת בעדן מלהשתתף באופן פעיל במהלך השיעורים. טענות כגון: "הבנים משתלטים על השיעור" או "האווירה התחרותית בכיתה מוציאה את החשק מלימודי הפיסיקה" נשמעו לעיתים קרובות מפי הבנות. ממצא זה נמצא בקורלציה חיובית עם הידוע על הרשמת בנות לתחרויות, כגון האולימפיאדה לפיסיקה לנוער, שהיא מועטה יחסית לבנים. (הדבר נכון גם בתחרויות הבינלאומיות. לדוגמה, באולימפיאדה ה-30 השתתפו נבחרות מקרוב ל-60 מדינות, ובהן ישראל. מתוך כ-300 מתמודדים היו רק כ-30 בנות. עד כדי כך היה הדבר בולט שהמארגנים הקצו מדליה מיוחדת לבת הטובה ביותר). באולימפיאדה לאסטרונומיה וחקר החלל, המתקיימת באוניברסיטת תל-אביב מזה 7 שנים, המצב טוב יותר, ואפילו בין הזוכים במקומות הראשונים נמצאו בנות. אולם הסטטיסטיקה הבאה, המתייחסת להרשמה לתחרות זו בחמש השנים האחרונות, מצביעה על כוון דומה, למעט השנה האחרונה (טבלה 1).

שנה	בנים	בנות	% הבנות מכלל המשתתפים
תשנ"ח	265	46	15
תשנ"ט	267	63	19
תש"ס	214	27	11
תשס"א	316	72	18
תשס"ב	171	85	33

טבלה 1: השתתפות בנים ובנות באולימפיאדה לאסטרונומיה וחקר החלל

בניסוי שנערך לאחרונה במבואות עירון (בי"ס מקיף של השומר הצעיר) נעשתה הפרדה בלימודי הפיסיקה בכיתה ט' (בה הנושא חובה לכלל התלמידים), בין השאר בגלל תלונות רבות של בנות על כך שהבנים משתלטים על השיעור ואינם נותנים להן להתבטא ולשאול. בעקבות הפרדה זו עלה שיעור הבנות שבחרו פיסיקה בכיתה י' במידה ניכרת.

שאיפה להבנה (לעומת שימוש בטכניקות)

מתוך הראיונות מתגלה אמנם כי השאיפה להבנה קיימת בשני המינים אולם אצל הבנות היא חזקה יותר. הן מבקרות (לעיתים קרובות מהבנים) מורים השמים דגש על פתרון בעיות באופן טכני ומזניחים את ההבנה לעומק. אקלים כתתי הדורש שינון טכניקות של פתרון בעיות או הצבה בנוסחאות על חשבון החשיבה הפיזיקלית יוצר לעיתים קרובות אצל הבנות דחייה ותסכול מדרך הוראה זו ואף עשוי להרחיק אותן משיעורי הפיסיקה.

תחום זה, המצביע על רצון הבנות להבין נושא לעומק ועל דחייה מסוימת מדרכי הוראה המדגישות טכניקות של פתרון בעיות, מסביר במידה רבה גם את מספרן המועט של בנות בלימודי מתמטיקה ב-5 יח"ל. גם שם שיטות ההוראה והבחינה המקובלות במערכת שמות דגש רב על פתרון אלגוריתמי של תרגילים וזו כנראה סיבה מספקת כדי להבריח לא מעט בנות מרמה זו, למרות שמבחינת כישוריהן אין לכך כל הצדקה.

ניתוח לדוגמה של שיעורי הניגשים לבגרות במתמטיקה על פי רמה ומין (טבלה 2) שנעשה על תוצאות מבחני תש"ס (ז. מברך ו-ג. ליברמן) מצביע כי שיעור הבנות הניגשות ל-5 יח"ל נמוך בהרבה משיעור הבנים אך שיעור המצטיינות עולה על שיעור המצטיינים. גם ב-4 יח"ל וב-3 יח"ל גבוה שיעור המצטיינות משיעור המצטיינים. מתוך כך ניתן להסיק כי רק המצטיינות ביותר בין הבנות נשארו ברמה של 5 יח"ל בעוד שבין הבנים גם פחות מצטיינים נשארו שם ולכן שיעור

רמה	% בנים	% בנות	% מצטיינים	% מצטיינות
3	53	59	33	42
4	26	28	44	50
5	21	16	56	58

טבלה 2: אחוזי הניגשים לבגרות במתמטיקה והמצטיינים בבחינה, על פי רמה ומין

המצטיינות הגבוה. בנות רבות שיכלו מבחינת כישוריהן להתמודד בהצלחה עם 5 יח"ל וירדו ל-4 יח"ל העלו גם שם את הממוצע והיוו חלק ניכר מהמצטיינים וכך הדבר גם ב-3 יח"ל.

דיון ומסקנות

הניסיונות השונים להגדלת מספרן של הבנות הלומדות פיסיקה לא זכו עד כה בהצלחה יתרה. אכן בכוחן של שיטות הוראה מתאימות להשפיע על בחירה (או על דחייה) של בנות מהרמות הגבוהות בפיסיקה ובמתמטיקה. דרכי ההוראה המקובלות בכיתות פיסיקה רבות עושות שירות דוב לבנות. אילו הייתה נחלשת התחרותיות בשיעורי הפיסיקה ואילו היה מושם דגש חזק יותר על ההבנה ופחות על פתרון בעיות, היינו יכולים להביא בנות רבות נוספות לתחומים אלו. היינו מצפים לפחות מצד מורות הפיסיקה, המהוות כמחצית מכלל כוחות ההוראה בתחום, לשרת מהלך זה. לצערנו סיגלו חלק ניכר מבין המורות את דפוס ההוראה המתאימים יותר לבנים, המהווים רוב בכיתותיהן, ובכך הן מסייעות, בלא מודעות לכך, לבריחת בנות מוכשרות מהפיסיקה.

מצאנו במחקר זה כי סיכוייהן של בנות לצינוני מגן גבוהים, טובים יותר אצל מורות. ייתכן והסיבה לכך תלויה באישיותן של המורות אולם סביר להניח (במיוחד מאחר וממצא זה התגלה גם אצל המורים) כי יש כאן מעין פיצוי על היותן מיעוט בכיתה של בנים. גם סגנון ההוראה הטבעי של המורות, במידה ולא הושפע לכוון הבנים, עשוי לשרת יותר את מבנה האישיות של הבת. לדוגמה, מצאנו כי הבחירה המועדפת של שיטת המעבדה הרגילה על ידי המורות, מסייעת יותר לבנות. בשיטה זו הבחינה היא אישית ובעל פה והיא מאפשרת לבת להציג גם את כישוריה המילוליים בפני הבודן. באפשרותה להעמיק בניסויים אותם היא הכינה לבחינה, וזאת ללא צורך "לעמוד בתחרות" עם תלמידים נוספים. כנראה ששיטה זו מעוגנת גם בדפוס ההוראה הטבעיים של מורות הפיסיקה, אשר גם במהלך ההדרכה לביצוע המעבדות מאפשרות דו שיח עם רמת הבעה והעמקה גבוהים אצל התלמידים, דרך העונה יותר לציפיותיהן של הבנות. שיטת החקר לעומת זאת, המועדפת על מורים, סיגלה את מבנה הבחינות בכתב, ללא מגע אישי בין הבודן לבחן. מכל הסיבות שצוינו נראה כי עדיף לבנות ללמוד במידת האפשר את הפיסיקה אצל מורות. יכולתן וכישוריהן של הבנות להתבטא בכתב ובעל פה מצאו מקום בתקופה האחרונה גם בהכנת פרויקטים ועבודות גמר. הפרוייקטים מהווים בשנים האחרונות חלופה לבחינת המעבדה ולפעמים גם לפרקי הבחירה. סטטיסטיקה שנעשתה על מספר הבודנים בחלופה זו מצביעה כי מספר הבנות עולה בהרבה על מספר הבנים. אקלים כיתתי המתאים לבנות נוצר באופן תדיר בכיתות חד-מיניות. לכן עולה בכיתות אלו השיעור הממוצע של בנות הבודרות בפיסיקה מוגברת. האקלים

הכיתתי בכיתות כאלו מאפשר לעיתים קרובות למידה לקראת הבנה ומחליש באופן ניכר את התחרותיות הקיימת לרוב בכיתות מעורבות. כיתות כאלו, הקיימות בדרך כלל במגזר הדתי והערבי מצאו לאחרונה מקום גם במגזר הכללי (מבואות עירון) שם עלה באופן ניכר, בעקבות הפרדה זו, שיעור הבנות הלומדות פיסיקה. טיפוח רגישות אצל המורים לדרכי הלמידה של הבנות עשוי להשפיע גם על קצב ההוראה של החומר הנלמד. הוראה מהירה מדי מושפעת לפעמים גם מהעומס בתכנית הלימודים והצורך "להספיק" את החומר. המחיר לכך הוא אי מתן זמן לחשיבה לעומק והדרישה לתת תשובות מהירות. האטת קצב ההוראה בצד מניעת תחרותיות מוגזמת ונותנת אפשרויות לבנות לבטא את עצמן עשויים למנוע נשירת בנות מוכשרות רבות מלימודי פיסיקה ומתמטיקה מוגברים.

ספרות

המשוב הארצי למערכת החינוך: מדעים וטכנולוגיה-כיתה ו', יוני 1998. ז. מברך, ע. בן-סימון. משרד החינוך והמרכז הארצי לבחינות ולהערכה. ירושלים 1999.

פערים מיגדריים במתמטיקה ובמדעים: נתונים, סיבות ופעולות ז. מברך, ג. ליברמן, משרד החינוך, לשכת המדענית הראשית, 2001.

Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L. (1996). *Science achievement in the middle school years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA, USA: International Study Center, Boston College.

Friedler, Y. & Tamir, P. (1990). Sex differences in science education in Israel: an analysis of 15 years of research. *Research in Science and Technological Education*, 8, 21-34.

Hart, (1996). Changing physics to suit the girls? In: P. F. Murphy and C. V. Gipps (eds.). *Equity in the classroom*. London and Washington D. C., Falmer Press and Unesco, 236-241.

Stadler, H., Duit, R., & Benke, G., (2000). Do boys and girls understand physics differently? *Physics Education*, 35, 417- 422.

Tamir, P. (1999). *Science achievement of Israeli middle school students in the mid-nineties*. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Boston, MA, March, 28-31.

תהודה