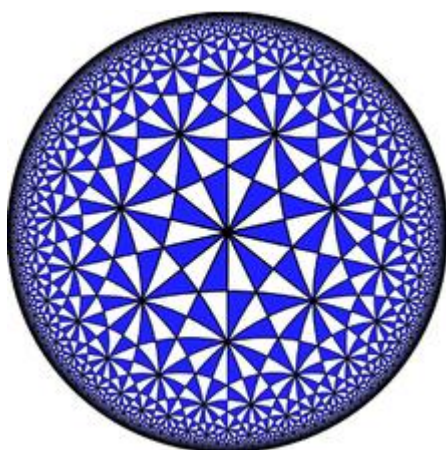


הוראת הגיאומטריה

נייר עמדה

הוכן על ידי אנשי חינוך מתמטי ומתמטיקאים
באוניברסיטאות ומכללות לחינוך בישראל



רוזה לייקין, מיכל ירושלמי

ריכוז המסמך

רוחמה אבן, דוד בלנק, מריטה ברבש, רנה הרשקוביץ,
נורית הדס, זמירה מברך, דורית פטקין, בוריס קויצו,
עטרה שריקי

ראשי הקבוצות:

(ניהול הדיונים)
בקבוצות קטנות
(ריכוז ההמלצות)

10-3-2012

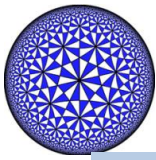
הקדמה

בתאריך 11-10-26 התקיים באוניברסיטת חיפה יום גיאומטריה: יום שהוקדש לדיונים שיעדם גיבוש וכתובת ניר עמדה של קהילת העוסקים בחינוך מתמטי בארץ בתחום הוראת הגיאומטריה בבית הספר. נייר העמדה מציג דעות והמלצות הנוגעות לתכנים ולמיומנויות בגיאומטריה, לפדגוגיה ולהתפתחות מקצועית של מורי הגיאומטריה בארץ, המבוססות על ממצאי מחקרים בארץ ובעולם וניסיון אישי של המשתתפים בדיונים.

הדיונים נערכו בקבוצות דיון שסיכומיהן נדונו במליאה. העבודה התקיימה בחמש קבוצות דיון כמפורט להלן. כל המשתתפים לקחו חלק בדיונים ובהכנת המסמך על בסיס התנדבותי. מסמך זה מציג את סיכומי הדיונים בחמש הקבוצות. המסמך אינו מביע דעה אישית של איש אלא מרכז את הדעות שהתגבשו באופן שיתופי על ידי המשתתפים ביום הדיונים.

תוכן העניינים

עמ' 1	קבוצה א': חשיבה דדוקטיבית ואינדוקטיבית בגיאומטריה של ביה"ס רכזי הדיון: מריטה ברבש, דוד בלנק חברי הקבוצה: טומי דרייפוס, עמוס ארליך, אינה ולטמן, מיכל איילון, נורית זהבי, דוד פיינלפלד, אירית פלד, ג'ייסון קופר, שוש גלעד, ויטלי פרידלנסקי, בת שבע אילני, רוחה לייקין
עמ' 2	קבוצה ב': שילוב טכנולוגיה בהוראת גיאומטריה רכזי הדיון: רנה הרשקוביץ, נורית הדס חברי הקבוצה: אביטל אלבוים כהן, דבורה גורב, הגר רובינק, אילנה לביא, מולט טירוורק, מרסדס בן אב, שרה הרשקוביץ, ילנה נפתלייב, עירית לביא, רוזי נעמתי, גילה רון, בבה שטרנברג, דוד בן חיים, חיים אלגרבל, מיכל ירושלמי, ורדה טלמון
עמ' 3	קבוצה ג': הכשרת מורים להוראת הגיאומטריה בבית הספר היסודי רכזי הדיון: עטרה שריקי, דורית פטקין חברי הקבוצה: ג'וני אוברמן, יניב ביטון, כרמית ביטון, רותי ברקאי, אורלי גוטליב, מיקי הרניק, שולה וייסמן, נעמי חדד, ניצה כהן, חנה לב-זמיר, אילנה לבנברג, משה סטופל, נעמי פרוסק, יעל צרפתי, טלי שחר, נצה מובשוביץ-הדר (צופה).
עמ' 4	קבוצה ד': הכשרת מורים להוראת הגיאומטריה בבית הספר העל יסודי רכזי הדיון: רוחמה אבן, זמירה מברך חברי הקבוצה: גילה אזרוסו-הגג, יוני עמיר, נעמי תעיזי, גנאדי ארונוביץ, טלי נחליאלי, טל נוביק, אסתר לוינסון, דימיטרי נוביקוב
עמ' 5	קבוצה ה': הוראת הגיאומטריה לתלמידים בעלי יכולות והישגים שונים רכזי הדיון: בוריס קויצו חברי הקבוצה: אבי ברמן, ענת אבן זהב, איבתיסאם עבד אלחאלק, איריס זודיק, אירינה גורביץ' 1-, אירינה גורביץ' 2-, אירה רווח, ברכה סגליס, אנטולי קורופטוב, ראיסה גוברמן, מורין הוך, ויקטור הרניק.



דדוקציה ואינדוקציה בהוראת גיאומטריה בבית ספר

מבוא

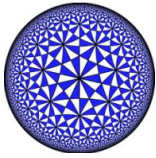
לגיאומטריה יש תפקיד מרכזי בהתפתחות חשיבה מתמטית, כיוון שברמה מסוימת היא ניתנת לתפישה אינטואיטיבית-וויזואלית, אך דורשת יכולת של הסקה מופשטת כדי להגיע לתוצאות משמעותיות שאינן אינטואיטיביות בהכרח. אחד התפקידים של הוראת הגיאומטריה בבית הספר הוא בנייה של אופני חשיבה שונים ושילובם. כיום תכניות הלימודים בגיאומטריה - כולל התכנית החדשה לחטיבת הביניים - מושתתות במידה רבה על גיאומטריה חישובית. הצד של "הגיאומטריה הסינתטית" נדחק הצידה. בכך מאבדים את היתרונות של הגיאומטריה כתחום המאפשר פיתוח אינטואיציה, חשיבה אינדוקטיבית מובנית ונכונה מבחינת מבנה הדעת של המתמטיקה, בשילוב עם חשיבה דדוקטיבית.

בנוסף לכך, הגיאומטריה הסינתטית הקלאסית מהווה חלק מהמורשת התרבותית האנושית הכללית, ולכן יש לה חשיבות מעבר לצדדים המתמטיים הטהורים שבה. מצד אחד חלק מרכזי במורשת זו הוא עצם הרעיון של מערכת אקסיומות, כפי שפותחה על-ידי אוקלידס. מצד שני, חשיבה מתמטית ריגורוזית הינה קשה לתלמידי תיכון ממוצעים. אך כיוון שעצם תהליך החשיבה המוביל להוכחה מתמטית הוא חלק מהתרבות של המתמטיקה כתחום דעת, יש להשקיע בבניית דרכים פדגוגיות, חומרי למידה וחינוך מורים כך שתלמידי התיכון ברמות השונות יתנסו בחשיבה דדוקטיבית לפחות בפרקים מסוימים בגיאומטריה.

בחשיבה דדוקטיבית – וחשיבה מתמטית בכלל - ישנם שני רבדים: הרמה הלוגית-מחשבתית, והיכולת הלשונית לתרגמה למילים. הרובד הראשון נדרש בכדי **להבין** הגדרות וטענות מתמטיות, ולדעת כיצד ליישמן. הרובד השני – המסתמך כמובן על הראשון – נדרש לתלמידים כדי שידעו **לנסח** טענות, השערות והוכחות באופן אקטיבי.

מסקנות והמלצות

1. ככל הנראה אין אפשרות ללמד מחשבה דדוקטיבית ריגורוזית (אקסיומטית-פורמאלית) בבית הספר, ולכן תלמידים צריכים לעבור תהליך הדרגתי של התפתחות מרמה טרום פורמלית לרמות מדורגות של עקביות מתמטית.
2. יש צורך בפיתוח הדרגתי של **מוטיבציה** להוכחה על-ידי מתן דוגמאות מאוששות וסותרות וניתוחן, וזאת על-ידי חקר תופעות גיאומטריות שנכונותן איננה ברורה מאליה.
3. יש ליצור תנאים שבהם לתלמידים תהיה אפשרות להתנסות בהסקת מסקנות. השילוב של החשיבה האינדוקטיבית והדדוקטיבית תוך שינוי הדרגתי ועקבי של האיזון ביניהן, מאפשר להוכחה להחליף סדרת דוגמאות כאמצעי שכנוע, ובנוסף להוות אף אמצעי מסביר.
4. תפקיד נוסף חשוב של ההוכחה הוא להיות מקור למידע מתמטי (וודאי) חדש, גם כאשר אין לו בסיס אמפירי משכנע.
5. הרמה הטרם-דדוקטיבית משתנה לאורך זמן, ותהליך זה צריך להתחיל מבית הספר היסודי; צריכה להיות דרישה מתגברת להנמקות והסברים; מעבר מהסבר לשכנוע, להוכחה; מהוכחה פשוטה למורכבת, והרחבה של מגוון סוגי ההוכחות. לתלמיד צריכה להיות ברורה רמות הפירוט והדיוק הנדרשות ממנו בכל שלב של ההוכחה. מאידך, כאשר תלמיד מציע רעיון טוב, אך לא שלם, מן הראוי הוא להציע לו דרכים להשלמת הרעיון ולא לפסול אותו על הסף.
6. חייבים להקפיד על שילוב ואיזון מתמידים של חשיבה אינדוקטיבית / דדוקטיבית לאורך כל הדרך, מבית הספר היסודי ועד לחטיבה העליונה.
7. למורים, ובעקבותיהם גם לתלמידים בכל שלב של התפתחותם, צריך להיות ברור מה נחשב כהוכחה: מהי רמת הפירוט והדיוק הרצויה בכל הקשר נתון. ברור שהוכחה פורמאלית לגמרי אינה אפשרית או רצויה בבית הספר, אך חשוב להבהיר מה רמת הפורמאליות המבוקשת בכל מקרה, בעיקר על-ידי הדגמה.
8. במהלך הלימודים יש לתת לתלמיד משימות שיכללו העלאת השערות, אישוש, סתירה ותיקון; ניסוח טענה והוכחתה. לשם כך צריכים לבנות אוספים גדולים, נגישים ומסודרים של המשימות וכן דוגמאות. המשימות צריכות להתאים לכל רמה וגיל. בפרט ראוי ששיטות אלה תיושמה גם במסגרת תכניות להכשרת מורים.
9. רמת דיוק בשפה המתמטית של המשימות צריכה לשקף את רמת הציפיות מהתלמידים.
10. לשון הוא כלי לחשיבה מסודרת, ובפרט להנמקה בכל הרמות. ניסוח של השערות, והשימוש הנכון ב-"אם ורק אם", "קיים", "לכל", וכדומה – מחייבים רמה מסוימת של התפתחות לשונית ושל חינוך כללי. פיתוח לשוני ופיתוח והתפתחות קוגניטיבית כללית, הם חלק מהתנאים שבלעדיהם אי אפשר להבטיח התפתחות של חשיבה אינדוקטיבית ודדוקטיבית בגיאומטריה ובמתמטיקה בכלל.



שילוב הטכנולוגיה בהוראת גיאומטריה

רציונל

חלק זה של המסמך מייצג דברים שעלו בדיונים בקבוצה "טכנולוגיה בהוראת ולמידת גיאומטריה", והוא כולל: תיאור הפוטנציאל של למידת גיאומטריה, המשלבת שימוש בכלים טכנולוגיים שונים. מציאת דרכים לעשות את הכלים הטכנולוגיים ככלים רלוונטיים להוראת מתמטיקה בכלל וגיאומטריה בפרט. הן ככלי הוראה בידי המורה, והן כלי אוטונומי ללמידה בידי התלמיד.

הפוטנציאל של שילוב כלים טכנולוגיים בהוראה ולמידה של גיאומטריה בביה"ס ובהתפתחות מקצועית של מורים.

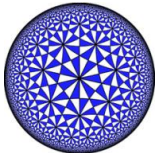
בשאלה זו חשוב להבחין ולהגדיר באיזו גיאומטריה אנו עוסקים? האם אנו רוצים ללמד את העובדות המעניינות במרחב שמסביבנו (בדרך כלל כיוון הגן וביה"ס היסודי), או ללמד גיאומטריה כדגם של מבנה לוגי מתמטי (כיוון ביה"ס התיכון)? כיוון שאנו מעוניינים בפיתוח הצורך והיכולת של התלמידים לגלות את העובדות הגיאומטריות ולהצדיקן בדרכים שונות, הכוללות הצדקות לוגיות דוקטיביות, הפוטנציאל של כלים טכנולוגיים ביצירת סביבות למידה המציעות מצבים, בהם הצורך בשכנוע עצמי, בהצדקה ובהוכחה הוא חשוב ביותר. למשל: הלומדות הדינמיות עוזרות ביצירת "הפתעות" במקרים בהם הממצאים העולים בשימוש בלומדה נוגדים את ההשערות האינטואיטיביות של תלמידים, ומאפשרות הצגת דוגמאות נגדיות לצורך פסילת השערות/טענות שאינן נכונות. בדרך זו הבנת המשמעות והתפקידים של ההוכחה כמאשרת וכמסבירה נכונות של השערות, נעשה מוחשי ופרקטי לתלמידים. כלומר, התרומה האפשרית של השימוש בתוכנות מצויות של גיאומטריה דינאמית ותוכנות אחרות, יכול להפוך את לימוד הגיאומטריה ומטרותיה לברורות ומוחשיות.

תרומות בולטות נוספות הן: 1. יצירת דימוי מושגים רחב; 2. חקר תכונות והבנה שתכונה של צורה גיאומטרית היא אכן תכונה רק אם היא מתקיימת בכל הצורות המתאימות להגדרת הצורה, וזה נכון בכל שלבי הלימוד; 3. הבנה של היחסים הדדיים של קבוצות של צורות, בכל שלבי הלימוד; 4. טיפוח אינטואיציה, בכל שלבי הלימוד; 5. התמודדות עם שגיאות אופייניות, בכל שלבי הלימוד; 6. אפשרות לקשר עם תחומים אחרים במתמטיקה (גיאומטריה אנליטית, פונקציות, אנליזה ועוד); 7. בתחום של הנדסת המרחב, בתיווך בין הייצוג התלת מימדי של גופים ומבנים, לייצוג הדו מימדי שלהם.

כיום מחשבים והשימוש בהם מוכרים וזמינים לכל ובכל זאת השימוש בהוראה ולמידת של מתמטיקה בכלל, וגיאומטריה בפרט מצומצם ביותר. באתרים של מרכזי מורים, במרכזים של פיתוח חומרי לימוד במתמטיקה ובספרי לימוד שנכתבו על ידי מרכזים אלה, יש שפע של פעילויות הניתנות לשימוש, ובכל זאת, ולמרות התרומה הממשית והמוכחת של פעילויות כאלה, השימוש מצומצם ביותר.

המלצות: כיצד להפוך את השימוש בכלים ממוחשבים ללמידת והוראת גיאומטריה רלוונטיים למורים ולתלמידים?

1. מסקנה כללית בעיקר לגבי התיכון וחה"ב היא, כי מורים רואים את לימוד ההוכחה הפורמלית כרלוונטי ביותר. צריך לכן לנצל את הפוטנציאל של הכלים בהעצמת הצורך להוכיח אצל התלמידים, בהפיכת ההוכחה למוחשית יותר וכן ככלי לבדיקת השערות. ההמלצות שעלו, הרשומות להלן, הן רבות ושונות: חשוב לשלב משימות מתאימות בהערכה. לדאוג כי במבחני מיצב ובמבחני בגרות, תופענה שאלות הנותנות יתרון לתלמידים שלמדו באמצעות תוכנות כאלה. דווח כי נשקלת הערכה כזו. חשוב כי בבחינת הבגרות עצמה תהיה שאלה הניתנת לפתרון באמצעות שימוש במחשב בעת המבחן.
2. מומלץ להדגיש את החשיבות והיתרונות של שימוש בפעילויות מחשב ופרסום של הפעילויות הקיימות באתרי האינטרנט של מרכזי המורים, בחוזרי מפמ"ר ובתוכניות הלימודים ולהשתלב במגמה הקיימת במדינה במסגרת "מדיניות התקשוב של משרד החינוך" לשימוש נכון ויעיל בסביבות טכנולוגיות בגיאומטריה.
3. אנחנו ממליצים על שילוב לימוד הפדגוגיה המתאפשרת בסביבה דינמית ששמה דגש על גילוי תכונות, רעיונות ומשפטים שאותם יוכיחו בהמשך במסגרות שונות להכשרת מורים והתפתחות מקצועית של מורים למתמטיקה. תרומות פדגוגיות נוספות קשורות ללמידה פעילה, חקרנית ושיתופית. מומלץ עידוד השימוש בכלים ממוחשבים על ידי המדריכים הפועלים בשטח, וכן מומלץ עיסוק מעמיק בהוראת ולמידת גיאומטריה בעזרת כלים ממוחשבים בהכשרת מורים בהשתלמויות מורים. יש להרחיב את לימודי הגיאומטריה במכללות להכשרת מורים.
4. מומלץ להכין פעילויות הפועלות "מחוץ לקופסא" (כלומר, לא רק להוכיח טענות נכונות, אלא לדעת לשאול – מה אם לא? או מה יקרה אם נשנה נתון מסוים? ותוך כדי החקירה להגיע למסקנה והוכחה). מומלץ להכין הדגמות זמינות (בספרים ובאתרים לתלמיד ולמורה וכד.) לבניות ובעיות אחרות סבוכות. כמו כן מומלצת הכנת פעילויות המשאירות לומד רק חלק מהעבודה הממוחשבת (יישומים ממוחשבים (applets), הדגמות של הוכחות ובניות מסובכות, קטעים דינמיים



הדומים לקטעי וידאו; ר' דוגמאות ב [אתר מרכז המורים](#)). מומלץ להכין סוגי פעילויות בנושאים שונים לאוכלוסיות שונות בתוך אותה כיתה ובכיתות שונות, וכן הקמת מאגר פעילויות ממוחשב, הכולל "מנוע חיפוש" המאפשר "שליפה" של פעילויות העונות על קריטריונים מגוונים. כמו כן מומלץ לכלול בחומרי הלימוד אפשרות בחירה בין משימות המחייבות שימוש בטכנולוגיה לאחרות העוסקות באותם תכנים ללא הכרח בטכנולוגיה.

5. מומלץ להשתמש במשאב של שעות פרטניות בביה"ס, לעבודה עם תלמידים מעוניינים, ואולי לעודד צוותים משותפים של מורים ותלמידים. לעודד תלמידים לבצע פרויקט בגיאומטריה תוך שימוש בכלים ממוחשבים אשר יוערך במסגרת הבגרות (כמו ביטופ).

הכשרת מורים לביה"ס היסודיים במכללות: המלצות להוראת גיאומטריית המישור וגיאומטריית המרחב

חלק זה של נייר העמדה מתייחס להיבטים שונים, הנוגעים להכשרת המורים למתמטיקה, תוך התייחסות מפורשת למגוון סוגי הידע (תכני, תיאורטי, דידיקטי ומעשי) הנדרשים לצורך הוראת גיאומטריה, והקשר הקיים ביניהם.

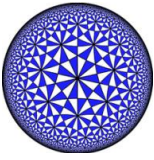
רציונל

מחקרים מצביעים על כך שרבים מפרחי ההוראה מתקשים לבצע קישור בין סוגי הידע שלהם, וחלק מהתכנים הנלמדים במסגרת ההכשרה נתפסים על-ידם, בשוגג, כבלתי רלוונטיים לעבודתם. לאור זאת מומלץ לשים דגש על הרחבת הידע התיאורטי של פרחי ההוראה, תוך חשיפתם למחקרים העוסקים בתיאוריות של התפתחות התובנות הגיאומטריות של תלמידים; תיאוריות העוסקות בלמידת מושגים גיאומטריים וקשרים ביניהם; קשיי תלמידים לתפוס ולהמשיג אובייקטים גיאומטריים; ודרכים המיועדות לסייע לתלמידים להתגבר על קשיים אלה. במחקרים רבים המבנה של העבודה המעשית של פרחי ההוראה כולל התנסות מעטה מאד, אם בכלל, בהוראת גיאומטריה.

להלן מוצגות שש המלצות שמטרתיהן להשביח את הוראת הגיאומטריה במכללות, כמו גם לפתח ולהרחיב את הידע התוכני, התיאורטי, הדידיקטי והמעשי של פרחי ההוראה. חלק מההמלצות מתייחס גם לצורך בליווי המורים למתמטיקה בשנים הראשונות לעבודתם, וכן לצורך באיגום המשאבים הקיימים, הבאתם לידיעת המורים, והנחיית המורים לשימוש בחומרים אלה על-מנת שיוכלו לעשות בהם שימוש מושכל.

המלצות:

1. על פי תוכנית הלימודים החדשה לביה"ס היסודי, יש להקדיש 25% מסך השעות המוקדשות להוראת מתמטיקה לצורך הוראת גיאומטריית המישור, גיאומטריית המרחב, ומדידות. לפיכך, ראוי שיחס זה יישמר גם במסגרת התכנית להכשרת מורים למתמטיקה. מכאן, מתוך 26 השעות המיועדות לתחום הדעת מתמטיקה במסגרת תכנית ההכשרה במכללות יש להקצות, בהתאם ליחס הקיים בתכנית הלימודים הבית ספרית, 25% משעות ההוראה ללימודי גיאומטריית המישור והמרחב. הוראה זו צריכה להתבצע תוך פיתוח מיומנויות ויזואליות, פיתוח היכולת לחקור את הסביבה הקונקרטית של פרחי ההוראה, ושימת דגש על פיתוח היכולת שלהם לנמק את נכונותן של טענות בגיאומטריה והבנת המשמעות של הגיאומטריה כמערכת דדוקטיבית על כל המשתמע מכך.
2. מומלץ לקיים חלק מהקורסים העוסקים בגיאומטריית המישור ובגיאומטריית המרחב במתכונת שבה מרצי הדיסציפלינה מלמדים בשילוב עם מרצים מתחום החינוך המתמטי והדידיקטי (co-teaching), תוך חיזוק הידע המתמטי בד בבד עם הידע הדידיקטי והתיאורטי, וחשיפת פרחי ההוראה לקשרים המגוונים הקיימים בין שני ההיבטים. מתכונת זו של הוראה שיתופית עשויה להוות מודל להוראה המשלבת את הפן המתמטי עם הפן הדידיקטי, ובכך לחזק את הידע של פרחי ההוראה בו זמנית בשני היבטים אלה, כמו גם לסייע להם להבין לעומק את הקשר שביניהם.
3. יש להקים צוות פעולה המורכב ממרצים במכללות המלמדים קורסים בגיאומטריה ובדידיקטיקה של גיאומטריה במטרה לפתח קווים מנחים לקורסים הרלוונטיים, וליצור מאגר מגוון של דוגמאות לחומרים מתאימים לפרחי ההוראה, וכלי הערכה המיועדים לבחינת התפתחות התובנות והידע שלהם. צוות הפעולה יעבוד תוך כדי לימוד הדדי מתוך הניסיון והידע הקיימים במכללות.
4. מומלץ להקפיד על כך שבמהלך תקופת ההתנסות של פרחי ההוראה יוקדשו 25% מהשיעורים אותם מלמדים פרחי ההוראה בבתי הספר במסגרת אימוני ההוראה שלהם להתנסות בהוראת גיאומטריית המישור וגיאומטריית המרחב, תוך ליווי של מדריך פדגוגי מתחום המתמטיקה, אשר יסייע לפרחי ההוראה בהכנת השיעורים, יצפה בהם, וייתן לפרחי ההוראה משוב על עשייתם.
5. מומלץ ליצור מערך מסודר של ליווי המורים למתמטיקה במהלך השנים הראשונות של עבודתם. היות והקושי העיקרי של המורים למתמטיקה, כפי שעולה מהממצאים מהשטח, הוא ביכולתם להתמודד עם הוראת הגיאומטריה, יש לשים



על כך דגש מיוחד במהלך שנות הליווי. יש לתת את הדעת על אפשרויות שונות לניצול שעות ההשתלמות של המורים למתמטיקה במסגרת "אופק חדש", ולהקדישן לליווי אקדמי, תוך העמקת הידע של המורים למתמטיקה בתחום הגיאומטריה.

6. כדי שמורים למתמטיקה יוכלו להפיק את המיטב מחומרים אלה (ראו נקודה 3 לעיל), המרצים המלווים מהמכללות יחשפו אותם לרציונל העומד בבסיס החומרים הקיימים, ולאפשרויות השונות לנצל אותם. חשיפה זו תבצע כחלק ממערך הליווי של מורי המתמטיקה החדשים, אך יחד עם זאת מומלץ שגם מורים ותיקים ייחשפו אליהם במסגרת השתלמויות שונות.

הכשרת מורים לגיאומטריה לבית הספר העל-יסודי

רציונל

אחת הדרכים האפקטיביות ביותר לשיפור החינוך המתמטי הניתן לתלמידים היא פיתוח מקצועי של המורים למתמטיקה. הכשרת מורים המקנה תעודת הוראה למתמטיקה בביה"ס העל יסודי איננה מספיקה כדי להבטיח הוראה איכותית, במיוחד במקרה של גיאומטריה, כפי שמלמד ניסיון העבר. קידום מומחיות בהוראה מחייב המשך לימודים והתפתחות מקצועית. צורך זה קריטי במיוחד בשנים הראשונות להוראה. לכן, אנו ממליצים לבנות תכנית מקיפה להכשרת מורים לגיאומטריה לבית הספר העל יסודי. התכנית תכלול שני חלקים: החלק הראשון יתקיים במהלך ההכשרה של קדם מורים והחלק השני במהלך שלוש השנים הראשונות להוראה. ההמלצות להלן נוגעות הן לגבי הקוריקולום של תכנית ההכשרה, כלומר: מה מורים לגיאומטריה לבית הספר העל-יסודי צריכים ללמוד, והן לגבי הפדגוגיה, כלומר: איך צריך ללמד מורים לגיאומטריה לבית הספר העל יסודי.

המלצות לגבי קוריקולום להכשרת מורים לגיאומטריה לבית הספר העל-יסודי (מה מורים לגיאומטריה לבית הספר העל-יסודי צריכים ללמוד?)

ההמלצות הן לגבי ארבעה נושאים: מתמטיקה, תכנית הלימודים, למידה ותלמידים, והוראה ודיקטקה של הגיאומטריה:

1. מתמטיקה:

- א. קורס אקדמי לביסוס הידע של הגיאומטריה הנלמדת בבית הספר העל יסודי (ז-יב)
- ב. קורסים ברמה של תואר ראשון במתמטיקה:
 - (1) גיאומטריות שונות
 - (2) היסטוריה ופילוסופיה של הגיאומטריה
 - (3) קישורים בין תחומי דעת ונושאים שונים (בתוך המתמטיקה, ועם תחומי דעת אחרים כמו אמנות)
- ג. גישור בין הגיאומטריה הנלמדת בבית הספר לגיאומטריה בדיסציפלינה.

2. תכנית הלימודים:

- א. הכרות עם תכנית הלימודים (גן-יב), ספרי לימוד וחומרים, ובניית כלים לניתוח וביקורת.
- ב. הכרות עם תכניות הלימודים במדינות שונות.
- ג. הכרות עם חומרים ופעילויות חוץ-קוריקולריים (למשל, אולימפיאדות).

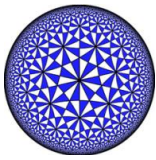
3. למידה ותלמידים:

- א. הכרות עם תהליכי למידה וקשיים אופייניים (גן-יב).

4. הוראה ודיקטקה של הגיאומטריה

המלצות לגבי פדגוגיה (איך צריך ללמד מורים לגיאומטריה לבית הספר העל יסודי?)

- א. חשוב שתכנית ההכשרה תשים דגש על למידה ב-, מתוך, ובעבור הפרקטיקה של הוראת גיאומטריה בבית הספר.
- ב. מומלץ שפרחי ההוראה והמורים יתנסו באופני הוראה שונים.
- ג. להצלחת תכנית ההכשרה המוצעת נחוץ לפתח חומרי הוראה ולמידה למורים המתאימים להכשרת מורים בגיאומטריה.



הגיאומטריה לתלמידים בעלי יכולות והישגים שונים

חלק זה של המסמך כולל המלצות בנוגע לתלמידים בעלי יכולות שונות או פרופילים לימודיים שונים או צרכים לימודיים שונים. בשיח הקבוצתי התייחסו לתלמידים כ- "רגילים", "מתקדמים" ו-"מתקשים" במשמעות הבאה:
"רגילים": אלה שבדרך כלל מאתגרים ולומדים בצורה משמעותית בשיעורי גיאומטריה בכיתה הטרוגנית.
"מתקדמים": אלה שבדרך כלל לא מספיק מאתגרים כי קל להם מדי.
"מתקשים": אלה שבדרך כלל לא מספיק מאתגרים כי קשה להם מדי.

רציונל

קיימת הסכמה חברתית ומקצועית רחבה על החשיבות העליונה של העיקרון של שוויון הזדמנויות בחינוך. עקרון זה דורש, בין היתר, דיפרנציאציה של משאבים פדגוגיים בהתאם לצרכים של כל תלמיד ותלמיד, על מנת לממש את הפוטנציאל שלו באופן מיטבי. בהתאם לעקרון זה, מחקר על תלמידים בעלי יכולות שונות מציע מגוון דרכים ומסגרות לטיפוח קבוצות ייחודיות של תלמידים. עם זאת, מחקר מודרני אינו מציע המלצות חד משמעיות לגבי אילו מסגרות לימודיות מתאימות ביותר ומצביע על יתרונות וחסרונות בכל מסגרת קיימת, כולל כיתות הטרוגניות וכיתות מיוחדות לתלמידים "מחוננים" ו-"מתקשים". לכן מצאנו לנכון לנסח את ההמלצות שמופיעות למטה כך שהן מתייחסות למגוון של מסגרות הלימוד הקיימות היום במדינת ישראל ובנוסף, למסגרות שעשויות להיפתח בעתיד.

בנוסף, הסכמו כקבוצה שישום של העיקרון של שוויון הזדמנויות בתחום של הוראת גיאומטריה דורש לא רק יצירת הזדמנויות למידה שונות לתלמידים "רגילים", "מתקדמים" ו-"מתקשים" אלא גם זיהוי יעדים שונים בלימוד המקצוע. ההמלצות שמופיעות למטה מתבססות על אמונתנו שפיתוח חשיבה דדוקטיבית הוא אחד מהיעדים החשובים. יעדים חשובים נוספים הם, לדוגמה, פיתוח חשיבה מרחבית, יכולת לראות היבטים גיאומטריים בחיי יום יום ובהקשרים תרבותיים, נטייה לראות את היופי באובייקטים גיאומטריים ובפתרון בעיות בגיאומטריה, זיהוי קשרים בין גיאומטריה לתחומי דעת נוספים, טיפוח שיח גיאומטרי.

המלצות

1. יש צורך להגדיר יעדים שונים בלימוד גיאומטריה (ר' למעלה).
2. יש להכיר בעובדה שיעדים שונים מתאימים במידה שונה לאוכלוסיות שונות. מעובדה זו נגזר הצורך להשקיע בפיתוח חומרי הוראה ולמידה המיועדים לתלמידים בעלי פרופיל לימודי שונה.
3. כפועל יוצא מומלץ לשקול הכרחיות של נושאים שונים (ואולי להוסיף נושאים חדשים).
4. כדאי להמשיך להשקיע בפיתוח (מלווה מחקר) של חומרי הוראה נוספים לכיתות הטרוגניות המאפשרים תרחישים לימודיים שונים לתלמידים "מתקשים", "רגילים" ו-"מתקדמים".
5. כדאי ליצור הזדמנויות לתלמידים מתעניינים ללמוד ענפי גיאומטריה שאינם כלולים בתוכנית הלימודים (לדוגמה, גיאומטריה פרויקטיבית, גיאומטריה ה-יפרבולית, טופולוגיה). לשם כך, יש לחשוף מורים ופרחי הוראה לתכנים של גיאומטריות שונות.
6. יש צורך במתן הזדמנות לתלמידים המעוניינים בכך לעסוק בפרויקטים גיאומטריים הקשורים בחיי יום יום.
7. מסגרות מתאימות לשתי ההמלצות הקודמות הן חוגים, למידה מרחוק, כיתות-על אזוריות, למידה פרטנית. כדאי לשקול מתן קרדיט על פעילויות אלה.
8. כדאי לחזק את הקשר לאקדמיה (למשל, פרויקטים בהנחיה של אנשי מחקר).
9. כדאי לשקול לארגן לימוד גיאומטריה בצורה מודולרית, כך שלתלמידים שלא הצליחו בלימוד מודול מסוים עדיין תהיינה אפשרויות להצליח בלימוד מודולים אחרים.