

מכון ויצמן  
תכנית רוטשילד ויצמן להוראה

עבודת סיכום לקורס: פיתוח חומרי למידה והוראה בביולוגיה  
לידי: ד"ר ענבל פלש-גוילי

**שימוש בסיפור של מנדל כמארגן מקדים בהוראת נושא התורשה  
כדי לקדם את יכולת התלמידים לקשר בין הרמה המיקרוסקופית (דנ"א)  
לרמה המקרוסקופית (תכונה)**

מגישה: אביטל אליאב

201607587

אוגוסט 2016

## תוכן עניינים

|            |                   |
|------------|-------------------|
| 3.....     | מבוא              |
| 3-4.....   | רציונל            |
| 4-6.....   | רקע תיאורטי       |
| 6.....     | מטרות המחקר       |
| 7.....     | שאלות המחקר       |
| 8.....     | מערך המחקר        |
| 8.....     | האוכלוסייה הנבדקת |
| 8.....     | ידע קודם          |
| 8-14.....  | רצף ההוראה        |
| 14.....    | חומרי הלימוד      |
| 14-15..... | כלי הערכה         |
| 16-20..... | תוצאות ודין       |
| 21-22..... | סיכום ורפלקציה    |
| 23.....    | רשימת מקורות      |
| 24-39..... | נספחים            |

## מבוא

### רציונל

הוראת נושא התורשה לוקחת חלק נרחב מהוראת המדעים בכיתה ט' (כשלושה חודשים מהשנה- כ- 50 ש"ש). תחת נושא התורשה כלול המנגנון המאפשר את התורשה (דנ"א- רנ"א- חלבון) והסיפור ההיסטורי של גילוי חוקי התורשה על ידי מנדל. בין המטרות של תוכנית זאת ע"פ המסמך שפורסם ע"י משרד החינוך (נספח 1) היא "התלמידים יכירו את רמות הארגון (המדרג הביולוגי) ואת מיקומם של ה-DNA והגן ברמת הארגון". הספרות מתארת מספר בעיות הקשורות להבנת הקשר בין הד.נ.א לתכונה, במחקרי התמקדתי בבעיית ריבוי המושגים הגורמת לבעיה בהבנת הקשר בין רמת המיקרו לרמת המקרו. חשוב לציין כי המטרה המוצבת לתלמידים ע"י משרד החינוך היא מטרה ברמת ידע מבני ואילו היכולת אליה מתייחסת הספרות היא ברמת הבנה גבוהה יותר. בעבודה זו אני מספרת על מחקר פעולה שערכתי בכיתתי בעקבות מבדק מאבחן שערכתי בשנה שעברה בתום הוראת נושא התורשה ובו התגלו קשיי התלמידים שלי לקשר בין רמת המיקרו (ד.נ.א, חלבון) לרמת המקרו (תכונה). את נושא זה, ואת שכבת גיל זו לימדתי פעמיים, על סמך ניסיוני כמורה ועל פי התגובות הנלהבות בזמן הוראת הנושא הבנתי כי נושא זה מרתק את התלמידים ועל פי מפות המושגים שקיבלתי בסוף תהליך הלמידה למדתי כי הם מתקשים בהבנת המדרג והקשרים שבתוכו. מכיוון שנושא זה נחקר בספרות (Knipples, Waarlo a Boersma 2005), ומכיוון שהנושא מעניין אותי ובו בזמן מאתגרת אותי המשימה לצלוח נושא זה בהבנה מעמיקה של התלמידים, החלטתי לבצע מחקר פעולה בכיתתי על תחום בסיסי וחשוב בתוך נושא זה. במסגרת מחקר הפעולה, שיניתי את רצף ההוראה שלי כדי לתמוך בהבנת המנגנון המקשר בין מבנה מיקרוסקופי (גנוטיפ) למבנה המקרוסקופי (פנוטיפ) והערכתי שינויים בהבנת התלמידים דרך מפות מושגים. מטרת המחקר הראשונית הייתה לאתר ולאפיין תפיסות שגויות הקשורות לקשר ד.נ.א - תכונה בעזרת מפות מושגים. מתוך מחקר מקדים זה קיבלתי מפות מושגים שאותן ניתחתי ועליהן ביססתי את ההנחות שלי. אחרי הניתוח מצאתי שמפות מושגים אינן כלי לאפיון תפיסות שגויות, והמידע המתקבל לגבי תפיסות שגויות בנושא זה הוא דל ביותר. בעקבות הבנה זו החלטתי לשנות את מטרת המחקר שלי, עליה לבסס פיתוח חדש ולהישאר עם אותו כלי מחקר. במחקר זה ארצה ללמד את הרצף ד.נ.א – תכונה בצורה שתאפשר לתלמידים להבחין בין מיקרו למקרו ולאחד את המושגים לרצף של תהליכים ולבסוף להעריך את הבנתם בעזרת מפת המושגים. לנושא זה הגעתי לאחר מחקר שערכתי בכיתתי בשנה שעברה (תשע"ה) ובו נתבקשו התלמידות לכתוב שנים עשר מושגים אקראיים הקשורים לנושא התורשה בסיום ההוראה ע"פ הרצף המוצע בתוכנית הלימודים (נספח 1). הממצאים הראו כמה סוגים של מפות מושגים אשר כל המושגים בהן נמצאים באותה רמת ארגון (למשל- אברונים בתא), וכמה סוגים של מפות מושגים בהן לא נראה הרצף המלא של ד.נ.א – ר.נ.א – חלבון – תכונה, אלא רק חלקו. בעקבות הממצאים הסקתי שאולי מעולם לא אמרתי במפורש את רצף התהליכים, ולא הדגשתי את המעבר מרמת המיקרו לרמת המקרו, כך שהתלמידות יוכלו לעשות את המעבר בעצמן, ולכן השתמשתי ברעיון של שינוי רצף ההוראה הקיים כך שיאפשר הבנייה מסודרת יותר של התהליך, ובנוסף, הדגשה של מושגי המיקרו והמקרו כך שבסוף הנושא רצף התהליכים יהיה ברור יותר. מתוך

כך בחרתי כי הערכת ההבנה תתבצע בעזרת מפת מושגים מכיוון שכלי זה מאפשר לבדוק איכות קשרים בתוך תהליכים ובין תהליכים ויאפשר לי לבחון האם השינוי שאכניס בהוראה אכן יהווה בסיס להבנה מעמיקה יותר של החומר הנלמד ושל רצף התהליכים ד.נ.א – תכונה.

## רקע תיאורטי

### קשיים בהבנת תחום התורשה

נושא התורשה נלמד כאמור בכיתה ט', אך נלמד גם בנושא בחירה בכיתה י"ב במסגרת מגמת ביולוגיה. מחקר שערכו מורות שניתחו את תוצאות בחינות הבגרות בתחום זה (אמיר והירש 2000) הראה כי התלמידים טעו בעיקר בשאלות שבהם נדרשו לקשר בין רמות ארגון שונות כמו ד.נ.א וחלבון או ד.נ.א ותכונה. דוגמאות לכך הן הביאו משאלות בהן היה צורך בהבנת מוטציות באורגניזם- שם ישנו קשר בין ד.נ.א לתכונה, או בחוסר הבנה של המושגים גנוטיפ ופנוטיפ- בהם יש קשר בין ד.נ.א לחלבון. מחקר זה שפך אור על נקודת התורפה בנושא זה מכיוון שהוא נעשה על מדגם מייצג של תלמידים. מחקר שנערך ע"י קניפלס, ווארלו ובורסמה (Knipples, Waarlo a Boersma 2005) בחן בעיות שונות הקשורות לנושא התורשה. החוקרים מתארים במאמרם בעיות הקשורות להבנת הקשר בין ד.נ.א לתכונה: חוסר קשר בין תכונות ביולוגיות מחיי היומיום להבנת אופן ההורשה שלהם ותהליך המיזזה, הפשטה של תהליכים הגורמת לתפיסות שגויות, הוראה בצורה "טריקית" כלומר באיך לזכור את החומר ולא בצורת פתרון בעיות, ריבוי מושגים בנושא זה גורם לבלבול ולחוסר קישור של מושג למיקום המתאים לו, ועוד. מחקר זה מתמקד בבעיה הקשורה לריבוי המושגים בנושא זה הגורם לחוסר קשר בין רמות הארגון השונות ולבעיה בהבנת הקשר בין ד.נ.א לתכונה. במחקר נוסף שנעשה על הבנתם של ילדים על משמעותם של גנים (Lewis, Leach a Wood-Robinson 2010) נבדקו תלמידי כיתה ח' באנגליה ממגוון גדול של אוכלוסיות. תלמידים אלו למדו את נושא התא, כולל חלוקת תא, וגנטיקה. לתלמידים הועבר שאלון בו נבדקו שלוש נושאים: "רצף גדלים" – נבדקה הבנה של קשרים בין מבנים כלומר מה בנוי ממה, מה קשור למה (תא, כרומוזום, גן, ד.נ.א, אורגניזם וגרעין תא), "דברים חיים" – נבדקה הבנה של קשרים בין דברים חיים, כלומר הקשר בין הד.נ.א לתכונות, ו-"מונחים ביולוגיים" בדק הבנה כללית של המונחים גן, ד.נ.א, גרעין, כרומוזום, אלל ומידע גנטי. תוצאות המחקר הראו שהתחום שבו התלמידים גילו חוסר הבנה זה התפקוד הבסיסי של הגנים כמספקי או מכילי מידע, כלומר התלמידים לא ידעו להגדיר מהו הטבע של המידע הזה או כיצד הוא מועבר או במילים אחרות- התקשו להסביר את הרצף מד.נ.א לתכונה. החוקרים מסיקים מתוצאות אלו כי תלמידים מתקשים בקישור בין מושגים הקשורים להם עצמם, על המורה לוודא כי ההקשרים בין המבנים מספיק ברורים על מנת שלא ימשיכו את לימודיהם על בסיס המידע הקיים. לממצאים אלו

משמעות מעשית בעיקר למורים הנדרשים ללמד גנטיקה ותורשה, ערנות ותשומת לב לקשיים תעזור בשיפור ההוראה של המורים וההבנה של התלמידים. מחקרים אלו מראים קושי אצל תלמידים מאוכלוסיות שונות בתנאים שונים בנושא התורשה.

### מארגן מקדים

אוזובל מתאר במאמרו (Ausubel 1960) הנחה הקשורה ללמידה; הוא טוען שידע מאורגן באופן היררכי, וכאשר מגיע מידע חדש הוא הופך למשמעותי כאשר הוא מתייחס למשהו קיים. הלמידה המשמעותית מתרחשת למשל כאשר מוצאים דמיון בין פרט חדש לפרט ידוע, או כאשר ישנו שינוי או הרחבה של מושג חדש. קישור של ידע חדש לידע קודם נקרא הטמעה. על בסיס הנחה זו מציע אוזובל שיטת הוראה ולמידה הנקראת מארגן מקדים. בשיטה זו נלמדים מושגים כללים לפני תחילת הלמידה כדי לאפשר ללמוד ולשמור חומר ורבלי ביתר קלות. המושגים החדשים שיימדו במהלך הלמידה יתחברו למושגים הרלוונטיים הקיימים וכך תתבצע למידה משמעותית. המארגן המקדים עוזר לארגן את המידע החדש בצורה טובה ומשמעותית יותר, ובמהלך הלמידה מתבצעות הדגשות ותזכורות לידע הרלוונטי. במחקרי השתמשתי בסיפורו של מנדל כמארגן מקדים: נלמדו מושגים כללים הכוללים את רצף התורשה השלם, ובמהלך הלמידה הורחבו מושגים אלו וסיפורו של מנדל הוזכר בהתאם למושגים שנלמדו באותו שיעור.

### מפות מושגים

בספר "Assessing Science Understanding" (Mintzes, Wandersee and Novak 2000) מתארים החוקרים דרכי הוראה והערכה שונות. הם טוענים כי מטרת ההוראה העיקרית היא לחלוק ידע בין המורה לתלמיד, על מנת שהידע יעבור הבנייה אצל התלמיד והלמידה תהפוך למשמעותית על המורה לשאול את עצמו בנקודות זמן שונות במהלך ההוראה האם התלמיד הבין את החומר או כיצד התלמיד יבין את החומר. אם התלמיד הבין, האם הוא הבין את ההקשר של החומר הנלמד לרעיון הכללי? האם הוא יודע לקשר בין חומרי למידה קודמים שלמד לידע שמוצג בסיטואציה הנוכחית? ע"י שאלות אלו המורה מעלה את איכות ההוראה, רמת ההבנה וסדרי החשיבה הגבוהים אצל התלמידים. חוקרים בהוראת מדעים בדקו מספר גישות להערכת איכות הלמידה של הלומדים, ונמצא כי הרבה מהשיטות להערכת איכות כוללות צורות גרפיות כלשהן. שיטות אלו חלקו מטרה משותפת: להבין את הדרך שבה התלמיד מארגן את מה שלמד כך שהמורה יוכל להבין כיצד להשיג את מטרות ההוראה שלו בצורה טובה יותר. כאשר הידע מאורגן בצורה גרפית המורה (וגם התלמיד) יכול לראות טעויות או תפיסות חלופיות בצורה מהירה וברורה יותר. אחת מהשיטות ללמידה והערכה היא מפת מושגים והיא נמצאת בשימוש נרחב בהוראת המדעים. מפות מושגים הן מארגן גרפי להצגת תחום ידע מסוים, צר או רחב. המפה מכילה מושגים המוצגים בדרך כלל בתוך תיבות, ומילים המקשרות

ביניהם וכתובות על חיצים, במפות המושגים המתוארות כאן כל שני מושגים והמילים הכתובות על החץ המקשר אותם, צריכים להוות משפט בעל משמעות. את מפות המושגים הציגו נובק וגרווין (Novak & Gowin 1984) כאמצעי להגברת הלמידה המשמעותית של מושגים ולייצוג ידע של תלמידים. מאז, נעשה בהם שימוש רחב בהקשרים שונים ובתחומים שונים. רעיון מיפוי המושגים מעוגן בתיאוריות קונסטרוקטיביסטיות של למידה, לפיהן כדי שתתרחש למידה משמעותית, על הלומד לבנות באופן פעיל את הידע שלו. כאשר הבניית הידע במפת המושגים נעשית כחזרה תוך כדי מבחן, מפת המושגים משמשת גם כהערכה (יחיאלי, 2012).

לעיתים המורה משתמש בהן על מנת להיעזר לארגן את הידע לפני בניית מערך ההוראה ולעיתים ככלי הערכה. בכל אחד מהשימושים של מפות המושגים, הם מהוות כלי מטאקוגניטיבי שעוזר למורה ולתלמיד לשפר את ההבנה שלהם על התוכן והתהליכים של הלמידה. מפות מושגים מאפשרות לתלמיד להיות איכותית יותר, ולכן יכולות לשמש גם ככלי הערכה- עד כמה הלמידה איכותית. מפות מושגים יכולות להעריך ידע והבנה ולבדוק התאמה בין מפה של טירון (תלמיד בתחילת הדרך) למומחה (תלמיד בסיום תהליך הלמידה). ההערכה בדרך זו מספקת תרגול נוסף על החומר עבור התלמיד ומאפשרת למורה לדעת האם מטרות ההוראה שלו הושגו כראוי. (Mintzes, Wandersee and Novak 2000)

בעבודתי השתמשתי במפת המושגים ככלי למיפוי הבנת התלמידים את המנגנון המקשר בין הרמה המולקולרית (ד.נ.א – חלבון) לרמה המקרוסקופית, בעקבות השימוש ברצף ההוראה הרגיל, וככלי להערכת הבנה זו בעקבות השינוי ברצף ההוראה. בשני המקרים המטרה הייתה לבדק את הבנת התלמידים את המנגנון המקשר בין הרמה המולקולרית (ד.נ.א – חלבון) לרמה המקרוסקופית (תכונות פיזיות הנראות לעין). בעזרת המפות המתקבלות ניתן לראות את כמות ואיכות הקשרים שהתלמידים עושים בין הרמה המולקולרית לרמה המקרוסקופית.

## מטרות המחקר

מטרת המחקר שנבעה והתבססה על המידע הקודם שאספתי היא ללמד את הרצף ד.נ.א – תכונה בצורה שתאפשר לתלמידים להבחין בין מיקרו למקרו ולאחד את המושגים לרצף אחד של תהליכים. מטרה זו כאמור איננה המטרה הראשונית שלי, אך דווקא מכיוון שהיא מלובנת על בסיס הבנה מהשטח היא מדויקת יותר ומאפשרת לי דרך לבדוק האם בעזרת ההוראה שלי אני משיגה מטרה זו. מטרת ההוראה כוללת בתוכה את האתגר של הבחנה בין מיקרו למקרו, כלומר הקשר בין מושגים מתחום הד.נ.א ורמת התא (מיקרו) למושגים מתחום היצור השלם ותכונותיו (מקרו). מתוך מטרה זו מגיעה המטרה הנוספת: מטרת מחקר הפעולה היא לגבש ולבחון אסטרטגיות להוראת נושא הגנטיקה המאפשרות לתלמידים להבין את התהליך השלם של מעבר המידע מרמת המיקרו-ד.נ.א חלבון לרמת המקרו-תכונה ולבחון את יעילותן בכיתתי.

## שאלות המחקר

שאלות המחקר הנובעת ממטרת המחקר שלי הם:

1. מה ניתן לומר על הבנת התלמידים את התהליך השלם של מעבר המידע מרמת המיקרו-ד.נ.א – חלבון לרמת המקרו- תכונה בעזרת השימוש במפת מושגים להערכה מסכמת בסוף הוראת נושא הגנטיקה?
2. באיזה מידה השימוש במארגן מקדים הביא לשינוי בהבנת התלמידים את התהליך השלם של מעבר המידע מרמת המיקרו – ד.נ.א – חלבון לרמת המקרו – תכונה כפי שמתבטא במפת המושגים?

## מערכ המחקר

### האוכלוסייה הנבדקת

המחקר התבצע באולפנת גבעת וושינגטון, בכיתה ט' של תוכנית ליציי. אולפנת גבעת וושינגטון היא תיכון דתי לבנות הממוקם בתוך קריית החינוך גבעת וושינגטון הכוללת מכללה לחינוך, בית ספר גבוה למוסיקה, מרכז ספורט גדול ועוד. האולפנא שייכת למנהל לחינוך התיישבותי ועליית הנוער (אגף של משרד החינוך) ויש בה פנימייה. אוכלוסיית התלמידות בה היא מסורתית הטרוגנית, ומגיעה בעיקר מאשדוד והמושבים הסמוכים (עזריקם, שדה עוזיה, שתולים, אמונים ועוד), גן יבנה, קריית עקרון, קריית מלאכי, ומעט ממקומות רחוקים יותר. האולפנא מתייחדת במשפחתיות, יחס חם, ושילוב ייחודי של לקויות למידה בכיתות רגילות. חלק מהבנות שנמצאות באולפנא מגיעות מבתי הרוסים ומוצאות ע"י שירותי הרווחה לפנימייה, שם הן מקבלות חדרים ברמה גבוהה, עזרה לימודית, חוגים, טיולים ופעילויות מגוונות. לפני כשלוש שנים הוקם בבית הספר פרויקט הנקרא "ליציי" (מצינות בלטינית) והוא פונה לאוכלוסייה הרוסית. פרויקט זה מעצים מצינות בתחומי המדעים, הספורט והתיאטרון וכל בוקר נפתח בשעתיים ראשונות של שיעור במגמה הנבחרת. אוכלוסיית הבנות בפרויקט מתאפיינת במוטיבציה גבוהה יותר ובמשמעת שונה מאוכלוסיית שאר האולפנא. הפרויקט הוא חלק בלתי נפרד מהאולפנא מבחינת חובות וזכויות, למרות תכניתו השונה. אני מלווה את הפרויקט מיום היוולדו בתחום המדעים- גם בהעשרה (שעתיים ראשונות לבנות המגמה) וגם בשיעורי המדעים. כיתה ט' שאותה חקרתי הן הכיתה שאותה אני מלמדת זו השנה השלישית, אני מכירה את סוג החשיבה שלהן ואת המוטיבציה שלהן להצלחה ולכן האמנתי שיהיה קל יותר לבצע עליהן את המחקר.

### ידע קודם

נושא התורשה נלמד בנקודת זמן בחטיבת הביניים (תחילת-אמצע כיתה ט'), לאחר שהתלמידים למדו את נושא התא בכיתות ז' וח' (בכיתה ח' נלמד כחזרה) ולאחר לימוד נושא החומרים האורגנים והאנאורגניים בתחילת כיתה ט'. הידע הקודם הנדרש מהתלמידים כדי להבין כנדרש נושא זה הוא מבנה התא באופן כללי והבנת גרעין התא בפרט. בתחילת למידת נושא התורשה מורחב במיוחד מבנה הד.נ.א ותפקודו, אך יש צורך בהבנה כללית של מיקום הגרעין בתא וייחודו. בנוסף, על מנת להבין את הרצף ד.נ.א- חלבון יש צורך להבין מהו חלבון, מהם אבני הבניין שלו ואיזה תפקידים שונים הוא ממלא בגוף האדם (אנזימים, נוגדנים, הורמונים, חלבוני מבנה שונים). חלק זה שהוא בעצם הקדמה לנושא התורשה נלמד כחלק מנושא החומרים האורגנים והאנאורגנים בתחילת כיתה ט'.

### רצף ההוראה

רצף ההוראה נמשך בפועל על פני כשלושה חודשים. רצף זה נכתב על פי העיקרון של מארגן מקדים שהוטבע ע"י אוזבל (Ausubel 1960). רצף זה נפתח בסיפורו של מנדל כסיפור בלשי- כלומר, כמו שמנדל בעצמו ראה והבין. הסיפור כולל מושגים שאינם מובנים עדיין לתלמיד (תכונה, צבע שולט, חוקי הרבייה ועוד). בהמשך הרצף מתוארים ומוסברים המושגים בדרך של הסקת מסקנות

מתצפיותיו של מנדל, למשל- התוצאות הראו כי בדור הצאצאים הראשון כל פרחי האפונה היו בצבע אחד למרות שלכל אחד מההורים צבע טהור שונה, המסקנות של מנדל היו שישנו צבע דומיננטי וצבע רציסיבי. בשיעור זה יינתן הסבר על המושגים בקישור לסיפורו של מנדל ובתרגול על מקרים שונים. הרצף מסודר בצורה המאפשרת לתלמיד לגלות עוד שלבים בדרך להבנה המלאה של רצף התהליכים מד.נ.א לתכונה כאשר המארגן של הרצף הוא סיפורו של מנדל. הרצף תוכנן מראש באופן כללי הניתן לשינויים, ובפועל הוא שונה על פי הצרכים של הכיתה, של המערכת ושלי. מצורפות שתי טבלאות: הראשונה מתארת את **התכנון** הראשוני והשנייה המתארת את הרצף שבוצע **בפועל**. השיקולים לבניית הרצף הראשוני היה ללמד את הדוגמה המרכזית כרצף אחיד, כאשר סיפורו של מנדל מנחה ומאחד את הפרטים בתוך הרצף ומשמש כמארגן מקדים. כאשר ביצעתי שינויים ברצף המתוכנן לא גרעתי מהשיקול המרכזי להשתמש בסיפורו של מנדל כדרך לחבר בין הפרטים ולאחד את הנושא לשיעור אחד מתמשך ולא למקטעים חסרי קשר. השיקולים לשינויים ברצף היו הכרות מוקדמת עם צרכי הכיתה מתחילת השנה ולמידה הצרכים בנושא זה תוך כדי ההוראה. בנוסף, היו אילוצים של המערכת (שיעור יחיד / כפול, שיעור בשעת צהריים) שגרמו לי לשנות את הרצף כדי להקל על התלמידות את ההבנה. ברצף המקורי תכננתי להקדיש שיעור שלם למושגים: רמות ארגון, מיקרו ומקרו ומאפייני הקוד הגנטי, ולבסוף החלטתי להבליע אותם במשפט או שניים בתוך שיעור. השיקול לשינוי זה היה התארכות הרצף והחשש מפני מיאוס הנושא על הבנות על ידי הכנסות לפרטים, המגיע מהכרות מוקדמת איתן.

### טבלה 1: התכנון הראשוני

| נושא התוכן           | רעיונות ודגשים                                       | שיקולים<br>דידקטיים  | מטרות   | לוח זמנים |
|----------------------|--|--|---|-----------|
| סיפורו של מנדל       | התצפיות אליהם הגיע מנדל מבלי שידע על קיומו של הד.נ.א | סיפורו של מנדל כולל בתוכו שאלה על תכונה שמשתנה כתוצאה מגורם לא ידוע                | התלמידות יבינו את התצפית (תוצאות המחקר של מנדל) ויחשבו על פתרון אפשרי לבעיה   | 1 ש"ש     |
| רמות ארגון בגוף האדם | הקשר בין התצפיות למקום ממנו מגיעה התכונה             | על מנת להבין מה השפיע על תכונת הפרח בסיפורו של מנדל יש צורך בתזכורת על רמות הארגון | התלמידות ידעו את רמות הארגון ויישמו את הבנתן על דוגמה מתחום החי (פיל בג'ונגל) | 1 ש"ש     |
| מבנה וארגון הד.נ.א,  | חומצות הגרעין והסידור שלהן                           | למידת מבנה הד.נ.א לאחר בעייתו הלא  | התלמידות ידעו מושגים מתחום הד.נ.א וגרעין                                      | 2 ש"ש     |

|       |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|
|       | התא  | פתורה של מנדל<br>תאפשר<br>לתלמידות כיוון<br>פתרון אפשרי  | בסליל כפול,<br>גן כחלק מהד.נ.א   | הד.נ.א כחומר<br>תורשתי                                       |
| 2 ש"ש | התלמידות ידעו<br>מושגים ותהליכים<br>מתחום תהליכי<br>התרגום והתעתוק.<br>התלמידות יכירו<br>תהליכים בגוף<br>האדם אשר<br>שותפים להם כמה<br>רמות ארגון. | תהליכים אלו הם<br>שלב אחד קדימה<br>המאפשר עוד כיוון<br>מחשבה לפתרון                            | כיצד הופך הד.נ.א<br>ממידע לתכונה.<br>שימוש במשלים<br>כחומר עזר   | תהליכי התעתוק<br>והתרגום                                     |
| 2 ש"ש | התלמידות יבינו<br>את המושגים וידעו<br>ליישם אותם<br>לתחום התורשה<br>בעזרת תרגול  | הסבר כללי על<br>המושגים על מנת<br>להביא להבנה של<br>המושגים בקשר<br>לתחום התורשה               | הגדרה, הפרדה<br>בין הנלמד עד<br>עכשיו לחומר הבא<br><i>מבחן ביניים מסכם</i>   | מיקרו ומקרו  |
| 1 ש"ש | התלמידות יקשרו<br>בין המושגים<br>מתחומי: ד.נ.א,<br>ר.נ.א וחלבון<br>לרמות מיקרו<br>ומקרו, וידעו לבצע<br>תהליך הקשור<br>לשלושתם.                     | קישור בין הידע<br>הקודם על תהליכי<br>התרגום והתעתוק<br>להבנת מושגי<br>מיקרו ומקרו              | המשך של תהליכי<br>התרגום והתעתוק,<br>מיקוד על תהליך<br>התרגום ויצירת<br>חלבונים פעילים                             | מאפייני הקוד<br>הגנטי + חלבונים                              |
| 2 ש"ש | התלמידות יבינו<br>את המושגים<br>דומיננטי –<br>רציסיבי, פנוטיפ –<br>גנוטיפ, וידעו<br>לקשר בינם לבין<br>ביטוי חלבונים                                | הוראת מושגים<br>חדשים המקרבים<br>את התלמידות<br>עוד אל הפתרון,<br>ויישום הקשר<br>ד.נ.א - חלבון | דוגמאות של<br>חלבונים פעילים<br>בגוף (אינסולין<br>למשל) והקשר בין<br>החלבון הפעיל<br>לד.נ.א שהכיל את<br>המידע אליו | ביטוי של<br>חלבונים, גנוטיפ<br>ופנוטיפ,<br>רציסיבי ודומיננטי |
| 2 ש"ש | התלמידים יחזרו<br>על החומר הנלמד   | חזרה לרמת<br>המקרו של  | הסבר תצפיותיו<br>של מנדל ע"פ   | חזרה לסיפורו של<br>מנדל,                                     |

|         |  |  |   |                                 |
|---------|--|--|---|---------------------------------|
|         | וינסו לקשר בין הפרטים על מנת להתקרב לפתרון                               | התכונה ונסיון לבצע קישור לרמת המיקרו                   | הנלמד וע"פ הידוע כיום, חזרה לרמת תא על מנת להבין כיצד נוצרו השילובים השונים               | תהליכי חלוקת תא (מיזזה ומיטוזה) |
| 3 ש"ש   | התלמידות ילמדו מיומנות ארגון ויתרגלו את המיומנות בעזרת דוגמאות מתחום זה  | למידת מיומנות ארגון כדי להקל על ההבנה, וחזרה על החומר  | הסבר התרשימים כחלק מהתהליך מד.נ.א לתכונה, ותרגול מצבים שונים כחזרה על תהליך זה.           | דרכים לייצוג הורשה              |
| 1-2 ש"ש | התלמידות יישמו את הרצף ד.נ.א – תכונה בעזרת דוגמאות על מוטציות שונות באדם | חזרה על התהליך והרצף ד.נ.א – חלבון בעזרת דוגמאות שונות | הקשר בין כרומוזומים ותכונות (למשל זוויג, תסמונת דאון)                                     | קביעת זוויג באדם, מוטציות באדם  |
| 2-3 ש"ש | התלמידות ינתחו מצבים מורכבים   | חשיבה על סוגיות המשפיעות על בניית האישיות של התלמידות  | השפעת הסביבה על הד.נ.א, סוגיות אתיות.   | תורשה וסביבה                    |
| 2 ש"ש   | התלמידות יישמו את הידע, המושגים והתהליכים שנלמדו במהלך רצף ההוראה        | הערכת הידע   | מבחן הכולל שאלות סגורות ופתוחות, הכוללות שאלות ברמת ידע, הבנה ויישום, ובנוסף- מפת מושגים. | מבחן מסכם                       |

### טבלה 2: הרצף שבוצע בפועל

|             |              |             |              |            |
|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| חומרי למידה | שיקול        | מיומנויות   | תוכן         | מספר שיעור |
|             | עניין, הריגת | חשיבה, מטא- | פתיחה- שיעור | 1          |

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
|   | "פרות קדושות"<br>ושינוי דפוסי<br>חשיבה מוכרים                                     | קוגניציה  | דיון על השפעת<br>תורשה וסביבה  |   |
|   | בסיס להבנת<br>הרעיון הכללי.   | ידע, הבנה +<br>תרגול (קשר בין<br>הנוקלאוטידים<br>בסליל הכפול) | ד.נ.א- מבנה<br>ותפקיד כללי   | 2 |
|   | עניין, הבנת<br>חשיבה מאחורי<br>העמדת ניסוי,<br>ניסיון להבנת<br>התוצאות            | ידע, שאלות<br>שאלות   | סיפורו של מנדל:<br>היסטוריה, מידע<br>כללי ותוצאות<br>ראשוניות                                | 3 |
|   | <b>מידע אודות<br/>הרגשת התלמידות<br/>כלפי הנושא<br/>וההבנה שלהן</b>               | <b>מטא קוגניציה</b>   | <b>רפלקציה של<br/>התלמידות</b>   | * |
| דף עבודה<br>תורשה<br>מנדלית(נספח<br>4)  | הבנת המסקנות<br>ע"פ המידע שהיה<br>ידוע למנדל באותה<br>תקופה (בלי קישור<br>לד.נ.א) | ידע, הבנה   | מסקנותיו של<br>מנדל + הגדרת<br>המושגים דומיננטי<br>ורצסיבי,<br>קודומיננטיות.                 | 4 |
| דף עבודה<br>תורשה<br>מנדלית(נספח<br>4)  | כנ"ל  | ידע, הבנה   | המשך מסקנות +<br>הגדרת המושגים<br>גנוטיפ ופנוטיפ   | 5 |
| דף עבודה<br>תורשה<br>מנדלית(נספח<br>4), | יישום המידע<br>משלושת<br>השיעורים<br>האחרונים לטבלת<br>הסתברות                    | ידע, הבנה, יישום  | המשך מסקנות +<br>הגדרת המושגים<br>הטרוזיגוט<br>והומוזיגוט,<br>לימוד ותרגול<br>טבלת הסתברויות | 6 |
| דף צפייה<br>(נספח 6)                    | אזור מהרצף,<br>יישום המושגים<br>מהשיעור למושגים<br>מהסרט, קישור                   | מילוי דף צפייה  | צפייה בסרט "מה<br>שקרה בגטקה"  | 7 |

|  |  |  |   |    |
|--|--|--|---|----|
|  | ליישומי תורשה<br>בחי' היומיום  |  |   |    |
| דף- קרייטיפ<br>של אדם<br>(נספח 7)            | קישור בין טבלת<br>ההסתברויות<br>לסיפורו של מנדל,<br>כלומר- החלק<br>בסיפור שהובן רק<br>לאחר מותו-<br>הורשת התכונות<br>נעשתה באמצעות<br>הד.נ.א | ידע, הבנה                                      | כרומוזומים- באופן<br>כללי ובבני אדם<br>בפרט                                     | 8  |
|  | הבנת דרך<br>התורשה וקישור<br>לסיפורו של מנדל<br>ולתוצאותיו   | יישום ותרגול                                   | מיוזה ומיטוזה   | 9  |
| מבחן (נספח<br>5) + מפת<br>מושגים<br>(נספח 2) | נקבע ע"פ לוח<br>מבחנים, סיכום<br>ביניים (לקראת<br>סוף) של הנושא  | קטע אנסיין, שאלות<br>אמריקאיות,<br>שאלות יישום | מבחן ביניים<br>הכולל:<br>60% בחינה<br>רגילה<br>40% מפת<br>מושגים                | *  |
|  | איחוד כל<br>המרכיבים בפאזל,<br>החל מד.נ.א<br>הנלמד בהתחלה,<br>דרך סיפורו של<br>מנדל ומסקנותיו<br>עד לידוע לנו כיום.                          | ידע, הבנה                                      | הדוגמה המרכזית:<br>ד.נ.א- חלבון,<br>תהליכי תרגום<br>ותעתוק בלי ירידה<br>לפרטים. | 10 |
|  | החלפת המושג<br>הקיים (מוטציה =<br>דבר גרוע) במושג<br>המדעי, דוגמאות<br>למחלות<br>תורשתיות<br>מיישמות את<br>הדוגמה המרכזית:                   | ידע, הבנה, יישום                               | מוטציות ומחלות<br>תורשתיות  | 11 |

|                        |   |                          |   |    |
|------------------------|---|--------------------------|---|----|
|                        | מוטציה בד.נ.א.<br>מביאה לשינוי<br>בתכונות.  |                          |   |    |
|                        | עניין (סיפורה של<br>מחלת ההמופיליה<br>במשפחת המלוכה<br>הבריטית), הבנת<br>חשיבות למידת<br>נושא זה לחיי<br>היומיום. | יישום                    | שושלות<br>משפחתיות<br>כדוגמא ליישום<br>הגנטיקה (עבודתו<br>של גנטיקאי) | 12 |
| מפת מושגים<br>(נספח 2) | סיכום הנושא<br>הכללי והערכת<br>ההבנה של<br>התלמידות   | אנליזה, סינטזה,<br>סיכום | מפת מושגים  | *  |

### חומרי הלימוד

רוב השיעורים בנושא זה היו פרונטליים, כלומר- המורה מדברת ושואלת שאלות, התלמידים עונים, כותבים במחברת ומתרגלים בדפי העבודה. דרך ההוראה-למידה הזאת היא הדרך הנוחה לי ביותר, בעיקר עם כיתה זו, ובנוסף בכיתה זו אין עזרים כמו מחשב וברקו המאפשרים לי ללמד בעזרת מצגת או סרט (לצורך הצפייה בסרט הזמנתי מראש כיתה). בתכנון הרצף חשבתי להוסיף גיוון בחומרי ועזרי הלמידה אך כדי לראות משתנה אחד בהתערבות שלי העדפתי להישאר בדרך הרגילה שבה לימדתי בכיתה זו ובכיתה הניסיון בשנה שעברה. את חומרי הלמידה שבהם השתמשתי צרפתי כנספח בצמוד לתיאור של כל שיעור.

### כלי הערכה

במחקר זה השתמשתי בשלושה כלי הערכה:

1. רפלקציה אישית של התלמידים- כלי הערכה זה לא נועד על מנת להעריך את הבנתן של התלמידות אלא לבדוק מה הן חושבות על ההבנה שלהן. כלי זה הוא אינדוקטיבי, ואת המידע בו אנתח בשלב הרפלקציה.
2. מבחן (נספח 5)- בדרך הערכה זו השתמשתי על מנת לתת לתלמידות הערכה על פי כללי בית ספר ובנוסף לבדוק את הבנת ויישום הנושא בצורה מפורטת לגבי נושאים ספציפיים (בשונה ממפת המושגים). מבחן זה נבנה בצורה המאפשרת לבדוק בדרכים שונות את הבנת החומר, כמעט בלי שאלות ידע. חלק מן השאלות במבחן עסקו במקרו ומיקרו ודרשו מהתלמידות למיין מושגים שלא

נלמדו אשר חלקם נמצאים ברמת המיקרו וחלקם ברמת המקרו, מתוך הנחה ששאלות אלו יהוו 'קיש קפיצה' עבור בניית מפת המושגים. המבחן התקיים עם חומר פתוח (מחברת ודפי עבודה ותרגול) וצורפה לו שאלת בונוס בנושא עיוורון צבעים. המבחן הוערך ב-60% מהציון הכללי של הבחינה, כאשר החלק של 40% היה הערכת מפת המושגים.

3. מפת מושגים (נספח 2)- מפת המושגים ניתנה לתלמידות פעמיים: בפעם הראשונה כחלק ממשימת הסיכום לקראת סוף רצף ההוראה כחלק מהמבחן, ובפעם השנייה בסיום רצף ההוראה, כסיכום. מטרת מפת המושגים היא להעריך את ההבנה של התהליכים השונים הקיימים בנושא זה המכילים מבנים ומושגים ברמת המיקרו והמקרו. במפת המושגים התבקשו התלמידות למלא 12 מושגים (לפחות), חלקם ברמת המיקרו וחלקם ברמת המקרו. בין המושגים יקשרו חיצים שעל גביהם יכתבו מילות קישור היוצרות משפט בעל משמעות משני מושגים או יותר. (נספח 2). המפות שנתחו והוערכו היו המפות שהתקבלו בסוף הרצף.

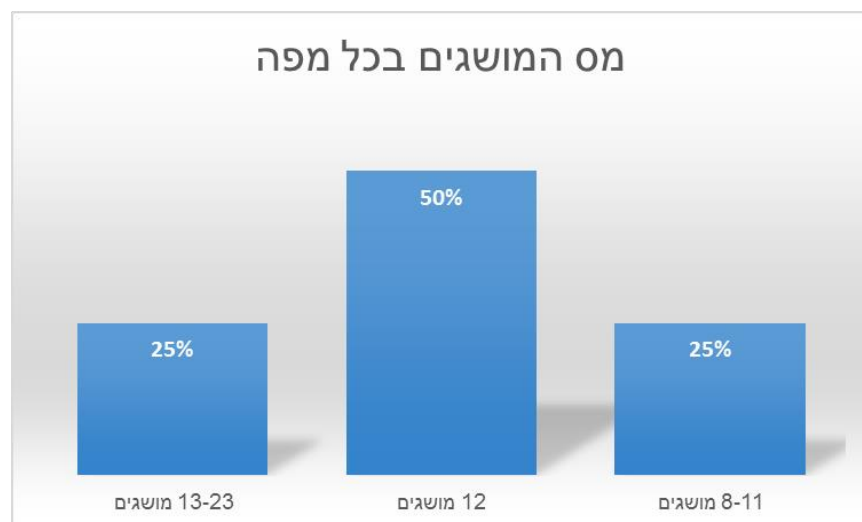
הערכת מפת המושגים תבצע לצורך ציון עבור התלמידות בעזרת מחוון (נספח 3) הנלקח בשלמותו מאתר עולמו"ט (עולמו"ט הינה סביבת הוראה ולמידה במדע וטכנולוגיה המתאימה לדרישות הסילבוס החדש לחטיבת הביניים. הסביבה כוללת ספרים לתלמיד, מדריכים למורה, ערכת עזרים, אתר אינטרנט וספר דיגיטלי. בסביבת עולמו"ט יש דגש מיוחד על מגוון שיטות הוראה ולמידה תוך התייחסות לשונות שבין התלמידים – מתוך האתר). מחוון זה מתמקד במרכיבי מפת המושגים: המושגים, ההקשרים בניהם, כיווניות החיצים, ההיררכיה ואיכות המפה. בעזרת המחוון ניתן להעריך את איכות הלמידה. ניתוח מפות המושגים לצורך המחקר מתבסס על המחוון של עולמוט ע"י הערכת המושגים, הקשרים ואיכות המפה. הניתוח יכלול ספירה של מושגים ברמות השונות וספירה של הקשרים הנכונים בין רמת המיקרו למקרו. לבסוף כל מפה תקבל מדד איכות: גבוה, בינוני או נמוך על פי שילוב מספר המושגים והקשרים בניהם.

## תוצאות ודין

אחת משאלות המחקר של עבודה זו הייתה: האם שינוי ברצף ההוראה יביא לשינוי בהבנת הדוגמה המרכזית, כך שיימצאו יותר קשרים במפת המושגים בין מושגים מרמת המיקרו (ד.נ.א, אברוני התא, סוגי תאים, חלבונים) לבין מושגים מרמת המקרו (תכונות בגוף השלם או באברים)? לשאלה זו ארצה לקבל תשובה בשני רבדים: ברובד הגלוי של הערכת מפת המושגים וברובד הנסתר ברפלקציה של התלמיד, כלומר- האם הוא מעיד על כך שהבין את הקשר, גם אם הקשר לא נצפה במפת המושגים.

כדי לענות על שאלה זו ניתחתי 16 מפות מושגים של תלמידות שלמדו ע"פ רצף ההוראה המתואר בפרק מערך המחקר. בכיתה זו ישנן 22 תלמידות, אך מכיוון שחלקן עולות חדשות מחבר העמים ניתחתי רק 16 מפות המשקפות את ההבנה של תלמידות ששפת האם שלהן היא עברית. בנייתן המפות התבססתי על המחווה של עולמו"ט (נספח) אך ניתחתי בדרך שונה: ספרתי בכל מפה את מספר המושגים הרלוונטים שהתלמידה כתבה, ספרתי את מספר הקשרים בין רמות ארגון שונות- למשל בין חלבון לגוף שלם ונתתי ציון "נמוך", "בינוני" או "גבוה" לכל מפה על פי השילוב בין מספר המושגים למספר הקשרים.

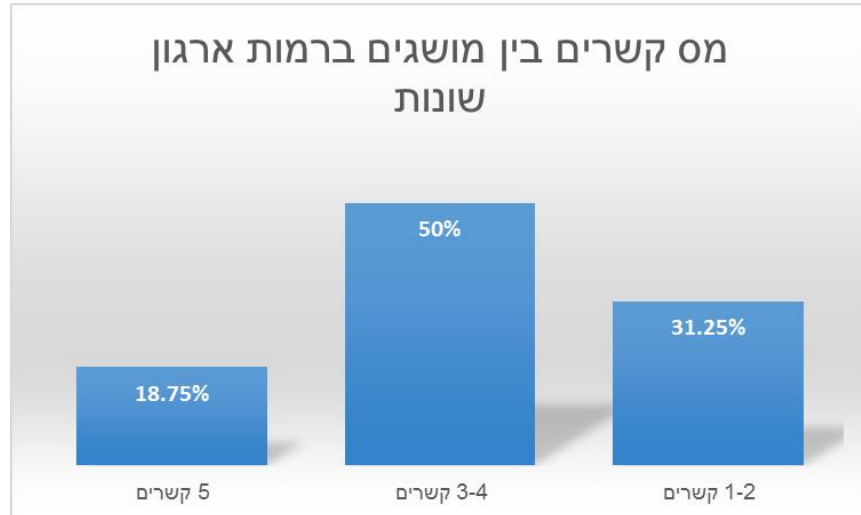
### גרף מספר 1: מספר המושגים



המושגים הרלוונטים (הקשורים לנושא התורשה) נספרו וחולקו לקבוצות של מעל ומתחת 12 מושגים. במפה המקורית היו 12 מעגלים שבתוכם התלמידה צריכה למלא את המושגים. המושגים נספרו כדי לבדוק האם ישנה התאמה בין תלמידה שרשמה יותר מושגים לאיכות מפה גבוהה יותר. על פי התוצאות נראה כי מחצית מהכיתה מילאה מושגים ידועים בתחום שניתן להן ולא חרגו מהגבולות,

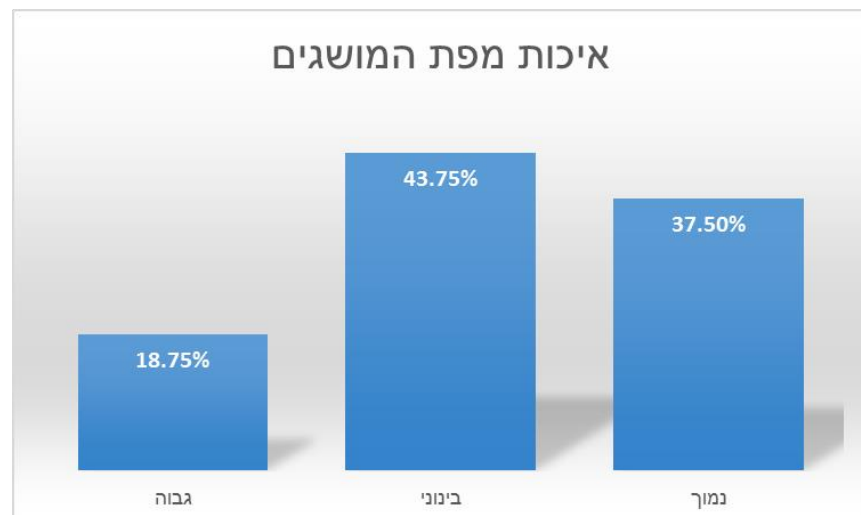
רבע מהכיתה מילאה פחות מושגים ממה שניתן, ע"פ הידע שהיה ברשותם, ורבע מהכיתה מילאו יותר מושגים מהנורמה.

גרף מספר 2: מספר הקשרים בכל מפה



הקשרים שאותם מניתי בקטגוריה זו הינם קשרים בין רמות ארגון שונות- למשל: חלבונים שונים משפיעים על צבע העין, תא בונה איבר, תסמונת דאון נגרמת כתוצאה ממוטציה בד.נ.א. / בכרומוזומים ועוד. בכל מפה מניתי את מספר הקשרים הנכונים ומיינתי את המפות על פי מספר הקשרים, כאשר 5 קשרים הוא מספר הקשרים הגבוה ביותר שנמצא. נראה על פי התוצאות כי מחצית מהכיתה הצליחה ליצור 3-4 קשרים בין רמות ארגון שונות.

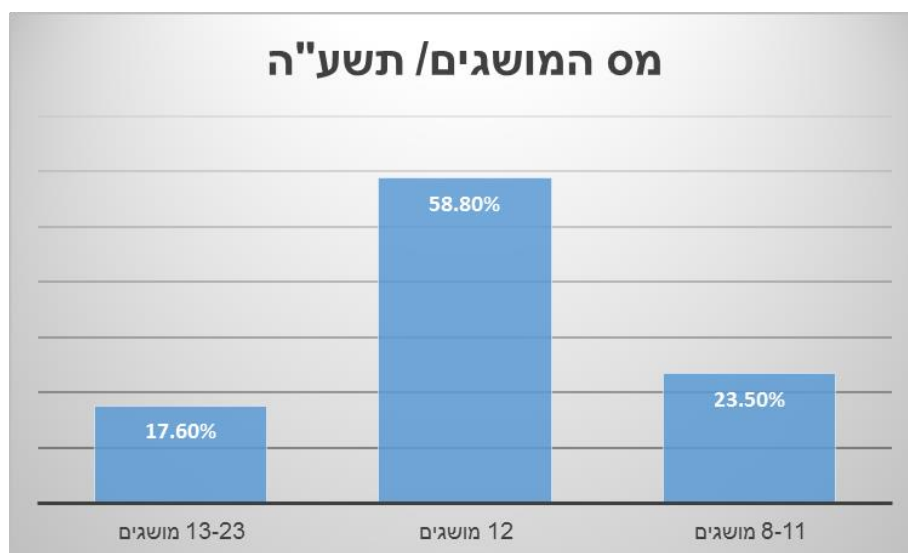
גרף מספר 3: איכות מפת המושגים



על פי המחקר של עולמו"ט (נספח), מפת מושגים באיכות גבוהה היא "מפה המשקפת רמת הבנה מעמיקה של הנלמד וראייה מערכתית". רמת הבנה מעמיקה על פי מחקר זה היא קישור בין מושגים ברמות ארגון שונות, ולכן כדי לדרג מפת מושגים שקללתי את מספר המושגים בכל מפה עם מספר הקשרים. מפה בה היו מספר נמוך של מושגים (8-11) עם מספר קשרים נמוך (1-2 קשרים) קיבלה דירוג נמוך, אך גם מפות בהן היו 12 מושגים מאותה רמת ארגון ומספר קשרים נמוך קיבלו דירוג נמוך. מפות בהן היה מספר ממוצע של מושגים (12) ומספר בינוני של קשרים (3-4) קיבלו ציון בינוני, וכך בגבוה. בתוצאות לא נראתה התאמה בין מספר המושגים למספר הקשרים כמו שציפיתי, כלומר, במפות בהן היו מספר רב של מושגים (עד 23) לא תמיד היו מספר גבוה של קשרים. התוצאות גם מראות שכמעט מחצית מהכיתה הצליחה ליצור מפות ברמה בינונית ורק מעט הצליחו להבין לעומק את הקשרים בין המושגים ברמות השונות ולקשר בין הרעיונות בדוגמה המרכזית.

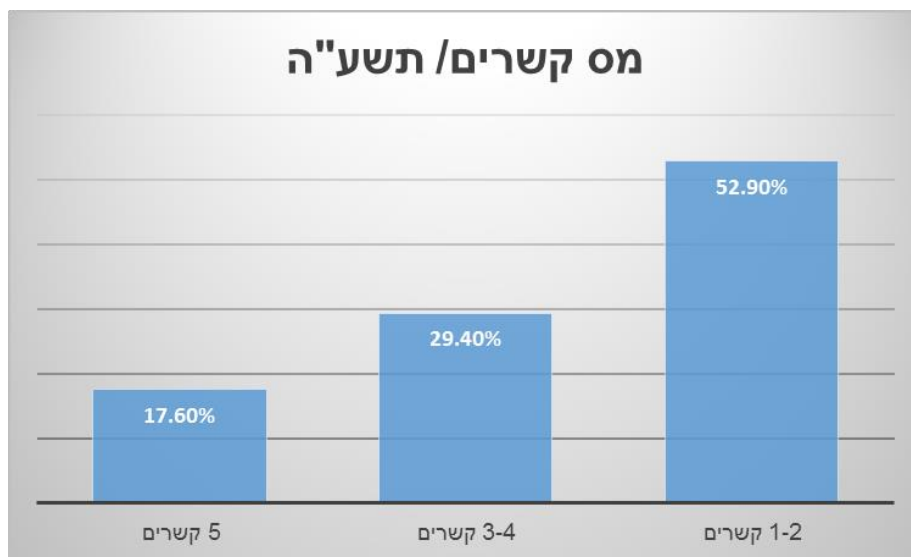
כדי להבין עד כמה שיפרה ההתערבות את ההבנה, ניתחתי בצורה דומה את מפות המושגים שקיבלתי בשנת הלימודים תשע"ה שבה לימדתי את נושא התורשה ע"פ הרצף המוצע בתוכנית הלימודים. בכיתה שלמדה בתשע"ה היו 17 תלמידות ברמת השכלה גבוהה יותר מרמת ההשכלה של הכיתה בה בצעה ההתערבות בשנה"ל תשע"ו. לאחר הניתוח השווייתי בין איכות המפות בתשע"ה לעומת תשע"ו.

גרף מספר 4: מס' המושגים / תשע"ה



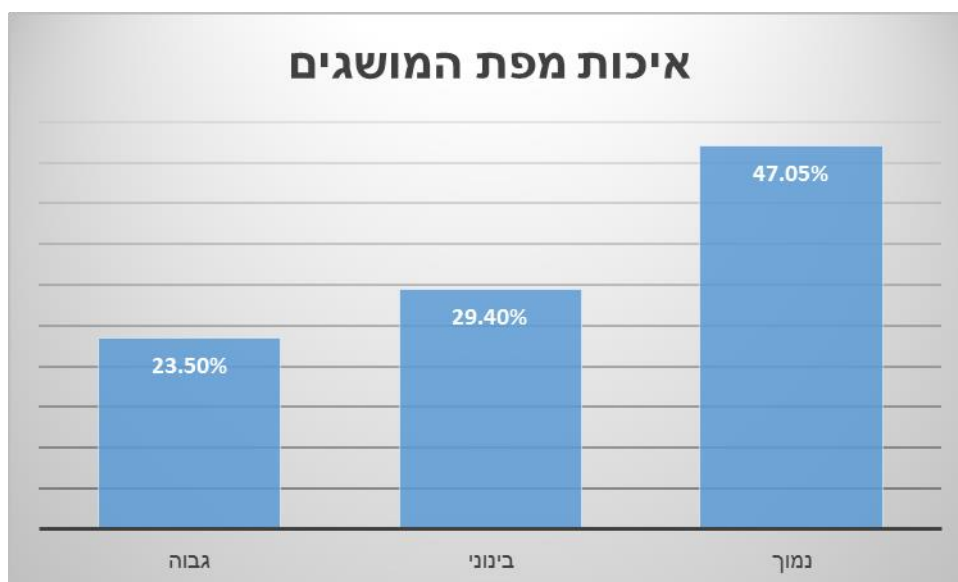
בגרף זה ניתן לראות שרוב הכיתה (10/17) מילאו 12 מושגים, ורק מעט מילאו יותר מכך (3). רוב המושגים במפות היו מאותה רמת ארגון פחות או יותר: ד.נ.א, נוקלאוטידים, כרומוזומים, גנים ועוד.

גרף מספר 5: מס' הקשרים / תשע"ה



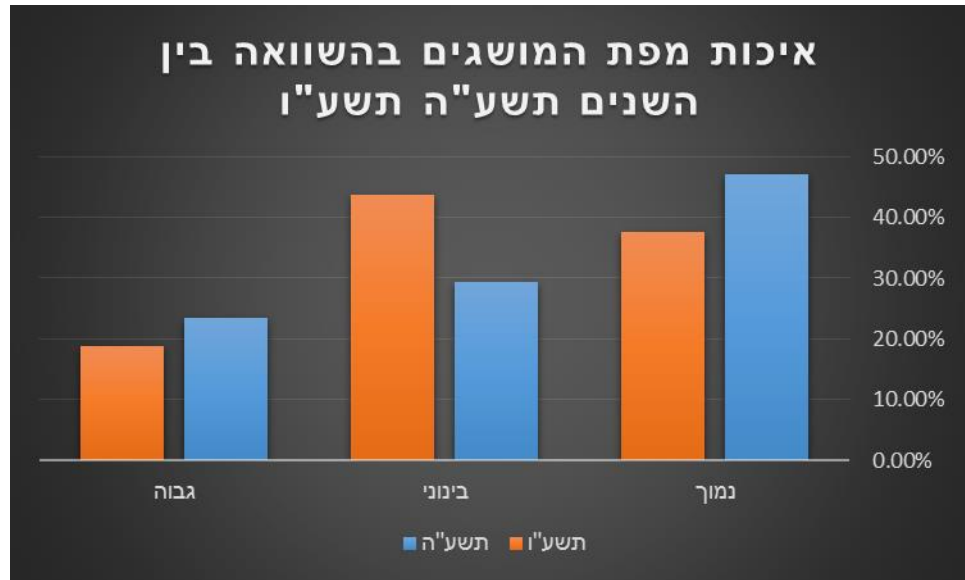
בתוצאות גרף זה ניתן לראות שיותר ממחצית מהבנות הצליחו למצוא מספר מועט יחסית של קשרים, מכיוון שרוב המושגים היו באותה רמת ארגון פחות או יותר.

גרף מספר 6: איכות מפת המושגים / תשע"ה



תוצאות אלו מדגימות את השילוב בין מספר המושגים לקשרים: למרות שברוב המפות מספר המושגים היה ממוצע (12), מספר הקשרים היה נמוך (1-2) ולכן כמחצית מהמפות דורגו כנמוכות. דירוג המפות הנמוך נובע גם כתוצאה ממושגים ברמות ארגון קרובות או באותה רמת ארגון, דבר שאינו מעיד על ראייה מערכתית או על הבנה של התהליך.

גרף מספר 7: השוואה בין איכות המפות בתשע"ה ובתשע"ו



ההשוואה בין השנים כוללת בתוכה מספר סייגים: כמות התלמידות נמוכה בכל אחת מהשנים, וכדי להשוות בצורה הוגנת בין הטיפולים יש צורך במספרים גבוהים. בנוסף, רמת המשכל הממוצעת של הכיתות שונה: בתשע"ה רמת המשכל הייתה בינונית-גבוהה ובתשע"ו רמת המשכל הממוצעת הייתה בינונית. ההשוואה בגרף מתארת מצב שבו איכות המפות בתשע"ה הייתה בעיקר נמוכה, ובתשע"ו (לאחר ההתערבות) בעיקר בינונית. כלומר- נצפו יותר מושגים מרמות שונות ויותר קשרים בניהם, אך עדיין לא ברמה גבוהה. נתון זה, המעיד על תזוזה כלפי מעלה באיכות המפות, מגיע למרות רמת המשכל הממוצעת של הכיתה ומחזק את ההשערה כי שינוי הרצף עזר בהבנה מעמיקה של הדוגמה מד.נ.א לתכונה.

בהסתכלות כוללת על התוצאות הופתעתי לטובה מהשוני בתוצאות בהשוואה לשנה הקודמת, כלומר- בתוצאות נראה כי יש פחות מפות מאיכות נמוכה ויותר מפות באיכות בינונית בהשוואה לשנה שעברה. הנתון שהפתיע מעט לרעה הוא אחוזי המפות באיכות גבוהה: בהשוואה לשנה קודמת אחוז המפות באיכות גבוהה דווקא נמוך יותר, וגם אם בוחנים את אחוזי המפות הגבוהות ללא השוואה לשנה קודמת- הם נמוכים יחסית (18.75%) ביחס לאיכות שאר המפות באותה שנה. בכל אופן נראה כי ההתערבות גרמה לשינוי כלשהוא המתבטא באיכות מפות טובה יותר ביחס להוראה ללא ההתערבות, דבר המעיד על הבנה מעמיקה ברמה כלשהיא של הקשר ד.נ.א- תכונה.

## רפלקציה

נושא התורשה נלמד כחלק מתוכנית הלימודים בחטיבת הביניים לכיתה ט'. כמו לכל נושא, גם לנושא זה מוצע רצף הוראה כפי שהיה נראה לנכון למתכנני תוכנית הלימודים ועל פיו לימדתי במשך שלוש שנים. בשנה השלישית החלטתי לבדוק מהי ההבנה של התלמידים את נושא זה בעזרת מפת מושגים. המפה הועברה כחלק ממבחן מסכם ודרישותיה היו כתיבת שנים עשר מושגים שנלמדו במהלך הנושא וקישור בניהם באמצעות חיצים ומשפטים מקשרים. מניתוח מפות המושגים הסקתי שיש בעיה בהבנת הקשר בין מיקרו למקרו בנושא זה, כלומר- התלמידים מקשרים בין מושגים מאותו סדר גודל (למשל גן, ד.ג.א, כרומוזום ועוד) אך הם כמעט ואינם מקשרים בין מושגים ברמת התא למושגים ברמת האברים והגוף השלם- מה שהגדרתי כמקרו במקרה הזה. בעקבת הניתוח החלטתי לתכנן התערבות עבור השנה שלאחר מכן ובה לשנות את רצף ההוראה שלי כך שהמושגים לא ילמדו בשני חלקים נפרדים, אלא שלובים זה בזה. מספר שיעורים על הד.ג.א ולאחריהם מס' שיעורים על תכונות, חזרה לד.ג.א ושוב לתכונה וכן הלאה.

את ההתערבות ביצעתי בפועל השנה בכיתה ט', כיתה הטרוגנית, אותם אני מלמדת שנה שלישית ברציפות- דבר המקנה יתרון באמון ההדדי הקיים ביננו. למרת התכנון המדוקדק של רצף ההוראה מראש ראיתי צורך לשנות אותו מידי פעם בעקבות האינטראקציה עם הכיתה. פתחתי את הנושא בדיון על השפעת תורשה וסביבה על תכונות, שיעור זה עורר מוטיבציה רבה וגרם להם לחשוב מחדש על דברים שהחשיבו כברורים מאליהם. בשיעור שלאחר מכן העברתי שאלון הלקוח ממאמרם של ווד- רובינזון, ליץ ולואיס (Lewis, Leach & Wood-Robinson 2010) שתפקידו לבדוק הבנה של סדרי גודל ומושגים שונים מעולם התורשה (שאלון פרה), לאחר מכן לימדתי על ד.ג.א- תפקיד ומבנה כללי (נוקלאוטידים, סליל כפול, מקודד לחלבונים בלבד, כל תא מכיל את כל המידע ועוד). מניתוח שאלון זה מצאתי חוסר ידע במושגים כמו אללים וכרומוזומים, וחוסר הבנת הקשר בין הגוף השלם לד.ג.א. בהמשך לימדתי את סיפור תגליותיו של מנדל- כאשר הדגש היה שמנדל לא ידע על קיומו של הד.ג.א. במהלך השיעורים על תוצאותיו, מסקנותיו והמושגים שטבע מנדל העברתי שאלון רפלקציה לתלמידות ובו הן היו צריכות לכתוב לגבי ההבנה שלהן ולגבי המוטיבציה שלהן בשיעורי תורשה. מקריאה מרפרפת בתשובותיהן נראה כי הנושא מרתק אותן וכי הן סקרניות לדעת עוד. גם מהתרשמות שלי נראה שבכל שיעור מתפתח דיון ועולות שאלות חשיבה נהדרות המראות רצון להמשיך ולדעת בנושא זה. דבר מעניין נוסף הוא שבמהלך הלמידה על מסקנותיו של מנדל ועל מושגים כמו גנוטיפ ופנוטיפ, התלמידות עושות בעצמן את הקישור לד.ג.א, ומסיקות תוך כדי תהיה על הקשר בין ד.ג.א לתכונה- בדיוק כמו קו המחשבה של מנדל. בהמשך לימדתי אותן על מבנה הכרומוזומים, בתחילה בלי לקשר לסיפורו של מנדל, חיכיתי שהשאלה תעלה מהכיתה. כשהיא עלתה- הפנית אותה חזרה אל הבנות, וההשערות שלהן התקרבו לתשובה הנכונה, אבל עצם סיעור המוחות שהיה בכיתה לפני שנתתי את התשובה הנכונה גרם להן להבין טוב יותר את הקשר. השיעור המתבקש הבא בתור היה על מיזזה ומיטוזה והסביר את ההגיון שעומד מאחורי טבלת ההסתברות. שיעור זה פתח דיון מרתק על המוטציות המתרחשות בתאי המין ועל ההשלכות הגדולות שלהן- תסמונת דאון למשל. בדיון זה ראיתי כי חלק מהבנות כבר מראות ביצועי הבנה על הקשר בין ד.ג.א לתכונה. בשיעור שלאחר מכן התקיים מבחן ובו היה חלק של מפת המושגים. חלק מהבנות נבהלו

בהתחלה מסוג ההערכה, אבל לאחר שהרגעתי אותן והסברתי להן שזה עם חומר פתוח הן שקעו והתעמקו בזה, ואחר כך ביקשו למלא כזה בכל מבחן- הרגישו שזה מדד אותן בדרך נכונה יתר ועזר להם להבין יותר טוב את רצף הלמידה, לדבריהן. בשיעור שאחרי המבחן דיברתי על הדוגמה המרכזית המקשרת בין ד.נ.א לחלבון. בשנה מהעם הקודמת שלימדתי שיעור זה, לא הרגשתי כי הבנות מבולבלות ומבקשות שאחזור שוב ושוב, אלא מקשרות את מה שלימדתי לחומר הקודם: "אה, אז בעצם צבע העור זה חלבון? והמידע מגיע מהד.נ.א". אחרי ההבנה של הקשר בין הד.נ.א לחלבון התקדמתי לקשר לתכונה. לימדתי על מוטציות ומחלות גנטיות שונות (G6PD, ננסות ועוד) כאשר שם כבר יכולנו להשתמש בכל המושגים- ד.נ.א, ר.נ.א, שם החלבון, התכונה במופע התקין ובמופע הפגום. לסיים, לימדתי אותן על שושלות משפחתיות דרך סיפורה של משפחת המלוכה הבריטית ומחלת ההמופיליה. בסוף השיעור הבנות מילאו שוב את מפת המושגים. בפעם הזאת הבנות לא הבינו למה צריך שוב מפה- משם שהזמן שעבר בין מילוי המפה במבחן למילוי הסופי היה קצר, ובכל זאת הדגשתי שוב את המטרה- לכתוב לפחות מושג אחד מתחום המיקרו ומושג אחד מתחום המקרו ולחבר ביניהם. במבט ראשוני ראיתי שהרבה מהבנות רשמו לפחות מחלה אחת גנטית כחלק מהמושגים במפה, מעניין יהיה לנתח את המפות ולראות אם קיים קשר בין המחלה לבין הד.נ.א. אני חושבת שבמבט לעתיד הייתי יכולה לקצר מעט את הרצף על מנת ליצור קשר ברור יותר בין התחלתו לסופו, הרי אני לא המקצוע היחיד בשבוע שאותו הן לומדות, וכמובן שאינני נמצאת בראש סדר העדיפויות שלהן ולכן כדי לגרום להן לזכור טוב יותר את הקשר יש צורך לקצר מעט את הרצף.

בסיכום התהליך שעברתי במקביל לתלמידות אני מסיקה כי תכנון ממוקד מטרה מביא בעצמו להבנה טובה יותר אצל התלמידים, כמו גם ההתלהבות שעוברת ממני בשדר לא מילולי. למרות התכנון הקפדני מראש, הסדר השתנה בעקבות חומר הגלם שאיתו אני עובדת, דבר שנראה לי כנקודה מצוינת ללמידה- קונסטרוקטיביזם במיטבו, ללמד לפי הדרישה מהכיתה ולא על פי הסדר שלי, מביא לאווירה טובה יותר בכיתה ולהבנה טובה יותר, לפחות בתשובות שאני מקבלת בע"פ. השיעור הראשון של הדיון היה רעיון מצוין לפתיחה של נושא כזה והביא בעקבותיו תגובות נלהבות מהתלמידות וממני. ומחשבות על תהליך הרפלקציה: את רעיון הרפלקציה שמעתי לראשונה ממורתי תמי יחיאלי. סבלתי מהיישום שלו ביותר, אבל החשיבות שלו שווה את הזמן ואת המאמץ הגדול. העצירה לחשוב על מה שעושים הן בפן השכלי והן בפן הרגשי תורמת ביותר לקשר עם הכיתה וללמידה טובה יותר. יישום הרפלקציה עוזר לחזק את הצדדים החיוביים בהוראה ולתקן את הדרוש תיקון על מנת להיות טובים יותר. כדי להשלים את התמונה- טוב לקבל גם רפלקציה מהתלמידים, אשר מביעים בכתב בכנות בדרך כלל את הרגשתם ומחזקים את הרגשת המורה.

"הרבה למדתי מרבותי, ומחברי – יותר מרבותי, ומתלמידי – יותר מכולן" (תענית, דף ז', ע"א)

## רשימת מקורות

אמיר רות, הירש אורה, תפיסות שגויות והוראת הביולוגיה, המרכז להוראת המדעים האוניברסיטה העברית בירושלים, 2000 תשס"א

יחיאלי, תמי., הבנת מושגים באנרגיה באמצעות מפות מושגים, ביטאון "קריאת ביניים", גיליון 19, 2012.

נוסבוים, יוסי., יחיאלי, תמי., תפיסות שגויות ושינוי תפיסתי בהוראת המדעים, מכון מופ"ת, תשס"א.

Ausubel David P, (1960) the use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material, Journal of Educational Psychology, Vol. 51, No. 5, 267-272

Joseph D., Novak, D., Gowin B., (1984), Learning How to Learn Cambridge University Press

Knippels Marie-Christine P. J., Waarlo Arend Jan, Boersma Kerst Th, (2005) Design criteria for learning and teaching genetics, Journal of Biological Education 39 (3), 108-112

Lewis, J., Leach, J., Wood-Robinson, C., (2010) Chromosomes: the missing link — young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization, Journal of Biological Education 34(4), 189-199

Mintzes, J. J., Wandresee, J. H., Novak, J. D.,(2000) Assessing Science Understanding, Academic Press (pp. 15-40)

## **נספחים**

1. תכנית הלימודים במדעי החיים בכיתה ט'

2. מפת המושגים

3. מחוון למפת המושגים

4. דף עבודה- תורשה מנדלית

5. מבחן

6. דף צפייה

7. תמונת הכרומוזומים של אדם

.

**נספח 1: תכנית הלימודים במדעי החיים**

**תכנית הלימודים במדעי החיים לכיתות ט' (עמודים 8-11)**

## נספח 2: מפת המושגים

בני מפת מושגים הכוללת מושגים מתחום הגנטיקה. רשמי בעיגולים 12 מושגים הידועים לך מהנושא, חלקם מושגים ברמת מיקרו וחלקם מושגים ברמת המקרו וחברי בניהם בעזרת חיצים. מעל החיצים רשמי מילות קישור כך שיווצר משפט בעל משמעות. ככל שיהיו יותר משפטים המכילים מספר רב של מושגים- הציון יהיה גבוה יותר. אם תרצי להוסיף עוד מושגים תוכלי להוסיף בעצמך עיגולים. בהצלחה!!

The image shows a grid of 12 empty ovals arranged in 3 rows and 4 columns. These ovals are intended for drawing a concept map, where students are to write 12 concepts related to genetics and connect them with arrows to form sentences.



מחוון לכתיבה והערכה של מפת מושגים

| קריטריונים        | רמות ביצוע  |  |
|-------------------|---|--|
|                   | השיגה את המטרה במלואה   | השיגה את המטרה בחלקה   |
| מבנה מפת המושגים  | קיימים כל מרכיבי המפה. 10 נק'   | חסרים כמחצית מרכיבי המפה. 9-5 נק'  |
| מושגים            | אם המושגים נבחרו על ידי התלמיד: כל המושגים רלוונטיים לנושא הנלמד. אם המורה: נעשה שימוש בכל המושגים. 10 נק'  | אם המושגים נבחרו על ידי התלמיד: מרבית המושגים רלוונטיים לנושא הנלמד. אם המורה: נעשה שימוש בחלק מן המושגים. 9-5 נק' |
| משפטי קשר         | משפטי הקשר נכונים מבחינה מדעית ומנטסחים נכון מבחינה לשונית. 20 נק'  | משפטי הקשר מנטסחים נכון מבחינה לשונית אך אינם נכונים מבחינה מדעית. 19-1 נק'  |
| חיצים וכיוניות    | החיצים ממוקמים בכיוון שתואם את הקשר בין המושגים. 10 נק'   | חלק מהחיצים ממוקמים בכיוון שתואם את הקשר בין המושגים. 9-1 נק'  |
| צמתים             | קיימים כל הצמתים האפשריים בין המושגים המעידים על הבנת הנושא. 15 נק'   | קיימים צמתים מעטים בין המושגים. 14-6 נק'   |
| הירארכיה          | במפה הירארכית: המושגים מאורגנים מן המושג הכללני ביותר אל המפורט ביותר. במפה אחרת: המושגים מאורגנים על פי אופי המפה (מפת סכב, מפה לא הירארכית וכו') 15 נק' | רוב המושגים מאורגנים בהירארכיה נכונה. 14-6 נק'   |
| איכות מפת המושגים | המפה משקפת רמת הבנה מעמיקה של הנלמד וראייה מערכתית. 20 נק'  | המפה משקפת רמת הבנה בינונית של הנלמד או שאינה מציגה ראייה מערכתית. 19-1 נק'  |
|                   |   | נמצאת בראשית הדרך רוב מרכיבי המפה חסרים. 4-0 נק'   |

\*מבוסס על גישת מוס"ב

## נספח 4: דף עבודה- תורשה מנדלית



גרגור

### תורשה מנדלית

#### מושגים חשובים

**פנוטיפ**- תכונה המתבטאת כלפי חוץ.

**גנוטיפ**- תכונה הקיימת בד.נ.א של האדם.

**דומיננטיות**- תכונה "שתלטנית", התכונה הנראית לעין.  
**יוהן מנדל**

**רצסיביות**- תכונה "נסגנית", מושתקת, לרוב אינה נראית כלפי חוץ.

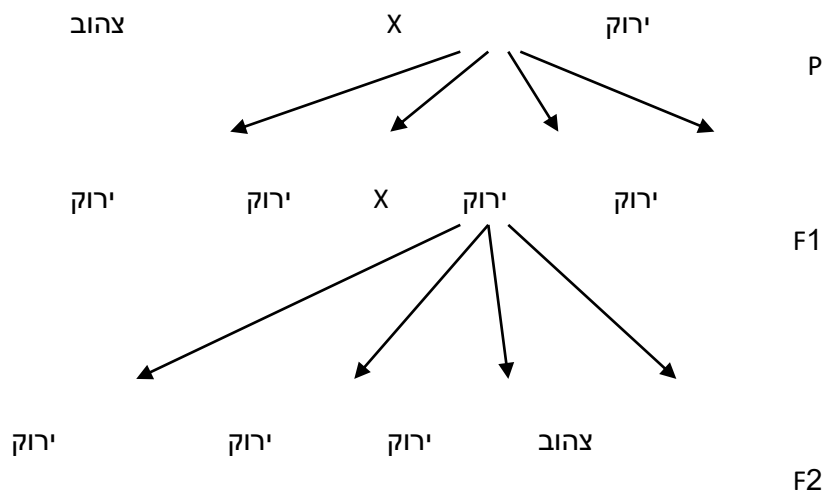
**הומוזיגוט**- יצור חי בעל שני גנים זהים של תכונה מסוימת. (הומו= שווה)

**הטרוזיגוט**- יצור חי בעל שני גנים שונים של תכונה מסוימת. (הטרו= שונה).

#### תרגול

1.

הניסוי של מנדל נערך על תכונות שונות בצמח האפונה. אחד מהתכונות שבדק מנדל היה צבע התרמיל. הוא לקח זנים טהורים של אפונה עם תרמילים בצבע צהוב, וזנים טהורים של אפונה עם תרמילים בצבע ירוק. הוא הכליא בניהם וקיבל את התוצאות הבאות:



על סמך תוצאות הניסוי, כתבי:

א. בדור הצאצאים הראשון (F1) מהו הגנוטיפ של תרמילי האפונה ומהו הפנוטיפ?

---

---

---

ב. בדור הצאצאים השני (F2) ישנם ארבע אפשרויות לגנוטיפ. כתבי בתרשים את האפשרויות השונות ליד הפנוטיפ המתאים. העזרי בטבלה הבאה:

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| צהוב (g) | ירוק (G) |          |
|          |          | ירוק (G) |
|          |          | צהוב (g) |

ג. חלק מתרמילי האפונה הינם הטרזיגוטים וחלקם הומוזיגוטים. כתבי מתחת לכל צבע תרמיל בתרשים שלמעלה האם הוא הטרזיגוט או הומו זיגוט.

ד. בצבע התרמיל של האפונה יש צבע דומיננטי וצבע רצסיבי. מיהו הצבע הדומיננטי ומי הרצסיבי? הסבירי כיצד ידעת זאת.

---

---

---

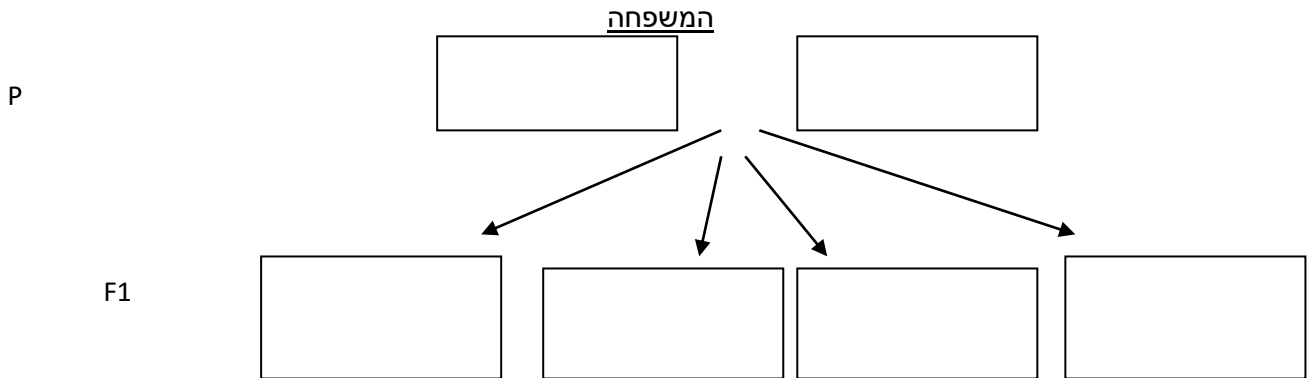
ה. נסכם:

- בדור ההורים (P) האפונה הינה הטרזיגוטית / הומוזיגוטית לצבע התרמיל.
- בדור הצאצאים הראשון (F1) כל הצאצאים הינם הטרזיגוטיים / הומוזיגוטים לצבע התרמיל.
- הגנוטיפ / הפנוטיפ של התרמיל הצהוב בדור הצאצאים השני (F2) הינו gg, ולכן הגנוטיפ / הפנוטיפ שלו הינו צבע צהוב.
- הגנוטיפ / הפנוטיפ של הצאצאים בדור הראשון הוא Gg, הגנוטיפ / הפנוטיפ של הצאצאים בדור זה הוא ירוק. דבר זה מוכיח שהצבע הירוק הוא דומיננטי / רצסיבי, והצבע הצהוב הוא דומיננטי / רצסיבי.

2.

גלגול לשון הוא כינוי לתכונה תורשתית המתבטאת ביכולתו של האדם לגלגל את הלשון לצורת U ואף לצורת גליל. לתכונה זו קיימים שני פנוטיפים: היכולת לגלגל את הלשון ואי היכולת לגלגל אותו. תכונה זו אינה משפיעה על רמת התפקוד של הלשון ורבים כלל אינם מודעים לקיומה. החוקרים מעריכים שהאלל (רצף נוקלאוטידים, גן) הקובע את התכונה לגלגול לשון הינו דומיננטי. (מתוך ויקיפדיה)

ע"פ המידע המופיע בטקסט נבנה תרשים של משפחה. במשפחה זו שני ההורים יהיו הטרנזיגוטים לגלגול לשון . נסמן: יכולת לגלגל את הלשון B, אי יכולת לגלגל את הלשון b.



א. השלימי בתרשים את הגנוטיפ של ההורים.  
 ב. העזרי בטבלה הבאה והשלימי את הגנוטיפ של הילדים:

|                   |                |                   |
|-------------------|----------------|-------------------|
| לא מגלגל לשון (b) | מגלגל לשון (B) |                   |
|                   |                | מגלגל לשון (B)    |
|                   |                | לא מגלגל לשון (b) |

ג. ליד כל אחד מהגנוטיפים שרשמת, כתבי מה יהיה הפנוטיפ של כל אחד מבני המשפחה.  
 ד. ליד כל אחד מבני המשפחה רשמי אם הוא הטרנזיגוט או הומוזיגוט לתכונה של גלגול לשון.



ג. הסבירי: מדוע יש לגברים סיכוי גדול יותר מאשר לנשים להיות חולים בעיוורון צבעים? (4 נק')

---

---

2. כתבי נכון / לא נכון : (2 נק' לכל שאלה)

- לזוג הורים בעלי צבע עיניים חום יולד ילד עם עיניים כחולות, רק בתנאי ששני ההורים נושאים גן רצסיבי לעיניים כחולות \_\_\_\_\_
- אם לאדם יש צבע עיניים כחול סימן שהגן לצבע עיניים כחול בגופו הוא דומיננטי . \_\_\_\_\_
- אם לאדם יש צבע עיניים כחול סימן שהגן לצבע עיניים כחול בגופו הוא רצסיבי . \_\_\_\_\_
- . לכל אדם עם עיניים חומות יכול להיוולד ילד עם עיניים כחולות \_\_\_\_\_

3. כרומוזמים הומולוגיים הם כרומוזמים : (4 נק')

א. שונים .

ב. שווים .

ג. אף תשובה לא נכונה

4. מספר הכרומוזמים בכל תא אדם מלבד תאי מין הוא : (4 נק')

א. 48 .

ב. 44 .

ג. 46 .

ד. 23 .

5. כאשר לאדם יש כרומוזום אחד נוסף, כלומר 47 כרומוזומים הוא יהיה : (4 נק')

א. חולה בשפעת .

ב. חולה בתסמונת דאון .

ג. בריא

ד. חולה בקדחת .

6. הכרומוזומים נמצאים ב : (4 נק')

א. ציטופלסמה .

ב. גרעין התא .

ג. קרום התא

ד. מפוזרים בכל התא

7. האם יתכן שתהיה לך תכונה תורשתית שאינה מופיעה אצל אף אחד מההורים? (4 נק')

א. כן, אם התכונה שלטנית

ב. כן, אם התכונה רציסיבית (נסגנית)

ג. לא, אם התכונה שלטנית

ד. לא, תכונה תורשתית חייבת להופיע אצל אחד מההורים

8. מהי תכונה רציסיבית (נשלטת)? (4 נק')

- א. תכונה המתבטאת ביצור שקיבל משני הוריו גן לאותה תכונה.  
 ב. תכונה המתבטאת בהורים ואינה עוברת לדור הצאצאים.  
 ג. תכונה שאינה נראית והיא מתגלה רק בבדיקה כימית.  
 ד. תכונה הקשורה למחלה תורשתית שהיצור מסתיר.

9. מהכלאה בין צמח בעל פרחים אדומים לצמח בעל פרחים לבנים, שניהם מזנים טהורים התקבלו

צאצאים שכולם בעלי פרחים לבנים. מהי המסקנה מתוצאות אלה? (4 נק')

- א. הגן לצבע אדום הוא רצסיבי (נשלט).  
 ב. הגן לצבע אדום הוא שולט (דומיננטי).  
 ג. שני הגנים הם שווי ערך.  
 ד. אי אפשר להסיק מסקנה.

10. הצאצאים עם הפרחים מהשאלה הקודמת התרבו בהפריה עצמית (זה עם זה), והתקבל דור

צאצאים חדש. אילו פנוטיפים היו בדור זה? (4 נק')

- א. רק צמחים בעלי פרחים לבנים.  
 ב. רק צמחים בעלי פרחים אדומים.  
 ג. צמחים בעלי פרחים ורודים.  
 ד. צמחים בעלי פרחים לבנים וצמחים בעלי פרחים אדומים.

עני על שתיים מתוך השאלות הבאות: (10 נק' לכל שאלה)

11. באפונת הגינה, תכונת הזרע החלק הוא דומיננטי על הזרע המקומט. אם נבטא את התכונה באותיות G

את התכונה הדומיננטית, ו-g את התכונה הרצסיבית, איזו מבין ההכלאות הבאות תתן צאצאים שצורת

זרעיהם חלקים בלבד. בחרי בהכלאה זו מבין ארבעת ההכלאות שלפניך: (4 נק')

א. ggXGg      ב. ggXgg      ג. GgXGg      ד. GGXGg

♣ הוכיחי את תשובתך בעזרת טבלה: (6 נק')

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

12. השלימי את הטבלה הבאה (הניחי שההורים הם זנים טהורים): (24 נק')

| צאצא       |        | הורה 2        |        | הורה 1       |        |    |
|------------|--------|---------------|--------|--------------|--------|----|
| פנוטיפ     | גנוטיפ | פנוטיפ        | גנוטיפ | פנוטיפ       | גנוטיפ |    |
| ורוד       |        | לבן           |        | אדום         |        | .1 |
| אפור       | AB     |               |        | לבן          | AA     | .2 |
| שיער שחור  |        | שיער בלונדיני | tt     | שיער שחור    |        | .3 |
| מגלגל לשון |        | לא מגלגל לשון |        | מגלגל לשון   |        | .4 |
|            | Dd     | עיניים כחולות |        | עיניים חומות | DD     | .5 |

13. א. בניסויים שערך מנדל הוא הכליא בין זנים שונים של אפונה. הסבירי, מה ההבדל בין האבקה

להכלאה? (3 נק')

---



---

ב. באחד הניסויים של מנדל הוא לקח אפונה עם פרחים צהובים והכליא אותה עם אפונה בעלת פרחים ירוקים. הצאצאים שקיבל היו הטרזיגוטים לצבע הפרחים. הסבירי, מהם יצורים הטרזיגוטיים ומהם

יצורים הומוזיגוטיים? (3 נק')

---



---



---

דף צפייה בסרט: "מה שקרה בגטקה" (Gattaca)

חלק א' - עבודה עצמית

1. וינסנט הוא גיבור הסרט ומספר הסיפור, הוא שונה מאחיו ושונה משאר בני האדם.

השוו את התכונות הגנטיות של וינסנט לאלו של אחיו אנטון:

| אנטון | וינסנט |
|-------|--------|
|       |        |
|       |        |
|       |        |
|       |        |

2. מנו שלוש דרכים, המוצגות בסרט, למציאת פרופיל גנטי של אדם.

---

---

---

3. מדוע, למרות הפרופיל הגנטי המושלם של יוג'ין, גורלם של וינסנט ושל יוג'ין כל כך שונים לבסוף?

---

---

4. סיסמת הפרסום של הסרט הייתה: "אין גן עבור רוח האדם". מה לדעתך הייתה כוונת המפרסמים במשפט זה והאם את מסכימה עם משפט זה?

---

---

---

5. אילו הייתה בידך האפשרות, האם היית בוחרת לחיות בגטקה? נמקי את בחירתך

---

---

---

חלק ב' - עבודה בזוגות

בחרי בת זוג מהכיתה ודונו יחד בשאלות הבאות. את מסקנותיכם רשמי כאן בעצמך כפסקת טיעון.

\_\_\_\_\_ בת הזוג:

השאלות:

- ❖ האם פרופיל גנטי אכן מכתוב את כל תכונותיו של האדם?
- ❖ האם גם לסביבה יש השפעה על תכונות מהונדסות גנטית?
- ❖ האם היינו רוצים לחיות בעידן בדיוני שכזה? מה יתרונותיו וחסרונותיו?
- ❖ האם לאדם יש זכות להתערב באקראיות שבתהליכי הרבייה והתורשה שלו?
- ❖ חשבו כיצד תראה חברה שבה אין פגמים, אין מומים, אין עיוורים או חרשים או נכים או מפגרים. חברה שבה כולם מושלמים יותר או פחות. מה תרוויח חברה כזו? מה היא תפסיד? מה גדול יותר הרווח או ההפסד?
- ❖ הסרט יצא לקולנוע בשנת 1997. עד כמה התקדמנו מאז לעולם המוצג בסרט?

מסקנות מהדיון עם בת הזוג:

---

---

---

---

---

---

---

חלק ג' - רפלקציה

1. מאילו דברים נהנית במיוחד בזמן ביצוע המשימה? מדוע?

---

---

2. באילו בעיות / קשיים נתקלת תוך ביצוע המשימה?

---

---

3. האם הסרט עזר לך להבין טוב יותר את הנושא הנלמד? אם כן הסבירי מה בדיוק עזר לך לשפר את ההבנה.

---

---

---

**נספח 7: תמונת הכרומוזומים של אדם**

