



## מחקר מקרה משווה

מיפוי הבדלים בהבנת היבטים שונים של טבע המדע  
(NOS), בין כיתה בבית ספר אנתרופוסופי העושה  
שימוש ב'היסטוריה ופילוסופיה של המדע' (HPS),  
לבין כיתה מבית ספר בו אין שימוש בפרקטיקה זו

במסגרת הקורס השנתי:

"פיתוח חומרי למידה והערכה בהוראת הביולוגיה"

מגיש: אמיר וסר, 037381753

עבודת גמר בהנחיית: דר' ענבל פלאש-גווילי

ספטמבר, 2016

## תוכן עניינים

4.....	1. מבוא	4
4.....	1.1 רציונל המחקר	4
5.....	1.1.1 הגדרת טבע/מהות המדע (NOS)	5
5.....	1.1.1.1 הבנה של ההיבט הטנטטיבי של טבע המדע	5
6.....	1.1.1.2 הבנה של היבט ההשפעה החברתית-תרבותית על הידע המדעי	6
7.....	1.1.2 קשיים בהשגת הבנה של טבע המדע	7
8.....	1.2 רקע ספרותי	8
8.....	1.2.1 שיפור הבנת היבטים של טבע המדע כתוצאה משימוש ב-HPS	8
9.....	1.2.2 שימוש ב-HPS והקשר לקונסטרוקטיביזם, ולהבנת טבע המדע	9
10.....	1.3 מטרת המחקר ושאלת המחקר	10
10.....	2. מערך המחקר	10
10.....	2.1 אוכלוסיית המחקר	10
10.....	2.1.1 יא' – בי"ס שקד	10
11.....	2.1.2 יב' – בי"ס אוריה	11
12.....	2.2 ידע קודם הנדרש מהתלמידים (יא' – בי"ס שקד)	12
13.....	2.3 רצף ההוראה	13
16.....	2.4 חומרי הלימוד	16
16.....	2.4.1 מצגות	16
22.....	2.4.2 סרטונים ואנימציות	22
23.....	2.4.3 עמודים מהספר ששולבו במערך הלמידה	23
23.....	2.4.4 דפי עבודה	23
24.....	2.5 כלי המחקר	24
25.....	3. תוצאות ודיון – השאלון והמצגות	25
25.....	3.1 שאלות סגורות ("אמריקאיות")	25
27.....	3.2 שאלות עמדה על טבע המדע והוראתו	27
31.....	3.3 שאלות הבנה על טבע המדע	31
33.....	3.4 ניתוח המצגות	33
34.....	4. רפלקציה	34
34.....	4.1 הרציונל לבחירת הנושא	34
35.....	4.2 אופן בניית רצף ההוראה וההערכה	35
36.....	4.3 מה אקח איתי להמשך עבודתי כמורה	36

37.....	ביבליוגרפיה	
40.....	נספחים	5
40.....	תכנית הלימודים	5.1
42.....	השאלון לבדיקת עמדות בנושאים הקשורים למדע	5.2
44.....	תוצאות גולמיות	5.3
46.....	דף עבודה בעקבות ניסוי הנבטת טבק (הורשה מנדלית)	5.4

## 1. מבוא

### 1.1 רציונל המחקר

תכניות הלימודים של מקצועות שונים בהוראת המדעים דוגלות בפיתוח הבנת "טבע/מהות המדע" (NOS) בקרב התלמידים. עדות לכך ניתן לקבל בתכנית הלימודים לביולוגיה לחטיבה העליונה: "מטרות הוראת הביולוגיה כוללות בצד מטרות בתחום התכנים הדיסציפלינריים, גם מטרות בתחומי מהות המדע... המורה ישלב בהוראתו מטרות בתחומים שונים, ביניהן הבנת מהות המדע ודרכי יצירת הידע המדעי... דבר זה יושג בין היתר תוך מודעות לאופי הזמני והלא מוחלט של הידע המדעי... ועל-ידי הבנת הקשר מדע-טכנולוגיה-חברה" (ועדת מקצוע הביולוגיה, 2015). לצד זאת קיים קונצנזוס בתוך קהילת חוקרי הוראת המדעים שהבנת טבע המדע הינה מרכיב חיוני בהוראת המדעים. לדידם של חוקרים רבים, הבנה כיצד המדע פועל היא צורך בסיסי באוריינות מדעית ( American Association for the Advancement of Science, 1989).

החוקרים סונגר ולין (Songer & Linn, 1991) מצביעים על כך שהבנת טבע המדע מקלה על הבנת תחום התוכן. לדעתם חשוב שלתלמידים הלומדים נושאים מדעיים תהיה תפיסה דינמית ולא סטטית של המדע. הם מצאו כי תלמידים שסברו כי הידע המדעי הוא זמני והדרך הטובה ביותר לדעת אותו היא דרך הבנת משמעות הרעיונות המדעיים וכיצד הם קשורים, רכשו הבנה כוללת יותר מאלו שסברו כי המדע הוא אוסף של עובדות אותן יש לזכור. על רקע זה סבור החוקר מנואל (Manuel, 1981) כי הבנת טבע המדע תאפשר למורי המדעים להקל על תלמידיהם בבניית תמונה עקבית וברורה של המדע, בהתאם לגילם ויכולתם. תלמידים המודעים לאופי המהפכני של המדע יקבלו טוב יותר את העובדה שמושגים ורעיונות מדעיים שנלמדו מוקדם יותר משתנים או נעלמים. ראיית המדע כתהליך של שיפור הבנתנו את המדע תהפוך את זמניות הידע המדעי ליתרון בעיניהם, במקום לחיסרון.

על אף ההצדקה המגיעה מתכנית הלימודים, וממחקרים רבים דוגמת אלו הרשומים מעלה, התחום של NOS זוכה למעט עיסוק מצד מורי מדעים, ובהתאם ההבנה המופגנת של תלמידים בנושא זה אינה מספקת (Lederman, Students' and Teachers' Conception of the Nature of Science: A Review of the Research, 1992). זאת ועוד, הוראה המבוססת על שינון ותרגול יוצרת קשיים לתלמידים רבים שאינם מסוגלים למאמץ טכני ממושך. המצב מחמיר בשל העדר מודעות לצורך בכל מה שנלמד. מכאן נובעת התפתחות של עמדות שליליות אצל תלמידים רבים כלפי שיעורי מדעים, והגדרתם כקשים ולא מעניינים. אכזבה מלימודי המדע גורמת ליצירת

תדמית שלילית ומעוותת של המדע (Bybee, et al., 1991). כדי להתמודד עם הקשיים שהוזכרו לעיל ובפרט הבנת טבע המדע, לשפר את יעילות ההוראה, להעלות את רמת ההבנה של שאר התכנים, ההתעניינות והמוטיבציה, ניתן לשלב תכנים הלקוחים מההיסטוריה והפילוסופיה של המדעים – HPS (Matthews, 1994).

### 1.1.1 הגדרת טבע/מהות המדע (NOS)

ההכרה בחשיבות העובדה שתלמידי המדעים ילמדו גם את 'טבע המדע' קיימת כבר מתחילת המאה. גם אם הביטוי "הבנת טבעו של המדע" לא נאמר במפורש, הרי שמאפיינים שונים של המדע צוינו כמטרות חשובות בהוראת המדעים כבר לפני עשורים רבים. לדרמן (1990) מביא את המלצת איחוד מורי המתמטיקה והמדעים בארה"ב משנת 1907 ללמד את "השיטה המדעית" ואת התהליכים בהם נוצר המדע במסגרת שעורי המדעים. הודסון (1991) מצטט את דבריו של Dewey מ-1916 כי הבנת ה"שיטה המדעית" חשובה יותר מהידע המדעי, ו-Conant (1951) קובע כי כל תלמיד חייב להכיר את "הטקטיקות והאסטרטגיות" אותן מפעיל המדע. טבע המדע הוגדר במספר אופנים, אך החוקרים לדרמן וזיידלר מצביעים כי ההגדרה הרווחת וזו שגם מקיפה ומשותפת לכלל הרעיונות המקובלים למהות המדע, הינה "הערכים וההנחות הניצבים בבסיס התפתחות הידע המדעי" (Lederman & Ziedler, 1987).

להלן אוסף חלקי הרלוונטי לעבודה זו, של נושאים מומלצים להוראת טבע המדע כפי שהופיעו בשמונה מסמכים בינלאומיים העוסקים בהוראת המדעים ורוכזו על-ידי מכומאס וחובריו (McComas, Almazora, & Clough, 1998):

- הידע המדעי, גם אם הוא יציב, הוא בעל אופי זמני (טנטטיבי).
- ההיסטוריה של המדע חושפת הן את האופי ההתפתחותי והן את האופי המהפכני של המדע.
- מדע וטכנולוגיה משפיעים זה על זה.
- המדע הוא חלק ממסורת חברתית-תרבותית.
- הרעיונות המדעיים מושפעים מהרקע החברתי-היסטורי של התקופה.
- אנשים מכל התרבויות תורמים למדע.

#### 1.1.1.1 הבנה של ההיבט הטנטטיבי של טבע המדע

טנטטיביות של הידע המדעי מתייחס לטבעו הזמני ולא מוחלט שלו, ליכולתו להשתנות כתוצאה של תצפיות וניסויים חדשים או פירוש מחדש של תצפיות וניסויים קיימים (Matthews, 1994). יחד עם זאת, המדע

הוא בר תוקף, כאשר ידע מדעי מודרני מאופיין ביכולתו להסביר יותר טוב תופעות בטבע בהשוואה לידע משנים קודמות (Kloper, 1992)

"Scientists do and have changed their ideas about nature when they encounter new and conflicting experimental evidence" (NRC, 1996, p. 171).

יצוין, כי לטכנולוגיה ישנו תפקיד חשוב בהתפתחות הידע המדעי לאחר התקופה של המהפכה המדעית (Giese, 1992). כיום מדע וטכנולוגיה נתפסים כבלתי ניתנים להפרדה (Casey, 1992). יחד עם זאת, הם אינם אותו דבר, כאשר "שאיפתו" של המדע הינה להבין את טבע העולם, בעוד "שאיפתה" של הטכנולוגיה הינה ליצור יישומים בעולם עבור תועלת וצרכי האדם (Dugger, 1994). מחקרים הראו כי תלמידים, ואף מורים תופסים את המדע כמערכת סמכותית, שאינה נתונה לשינויים, לביקורת ולספקנות (Matthews, 1994). בעניין זה מעניין לציין כי מחקר דומים שנערכו בישראל הראו שרוב תלמידי התיכון סבורים כי מודלים ותיאוריות מדעיות אינם ניתנים לשינויים, וזאת ככל הנראה כתוצאה ממערכת הלימודים בתיכון שאינה מדגישה מספיק את טבעו הטנטטיבי של המדע (Matthews, 1994). בנוסף, תלמידים מתבלבלים בין המושגים "מדע" ו-"טכנולוגיה", וסבורים כי טכנולוגיה היא מדע יישומי (Ryan & Aikenhead, 1992).

כפי שהוזכר לעיל, טנטטיביות של הידע המדעי מתייחסת לטבעו הזמני ולא מוחלט שלו, וליכולתו להשתנות לאור גילויים ותצפיות חדשות, לצד ההתפתחות הטכנולוגית (Dugger, 1994). בהתאם הבנה של היבט זה תתבטא ביכולת התלמיד לזהות או לנסח רעיונות המתכתבים עם הגדרה זו.

### 1.1.1.2 הבנה של היבט ההשפעה החברתית-תרבותית על הידע המדעי

אנשים מתרבויות שונות תורמים להתפתחות הידע המדעי, אך לצד זאת, המדע מושפע מהיבטים חברתיים-תרבותיים (NRC, 1996).

"Scientific knowledge is not only partially a product of human creativity and imagination but also that scientific knowledge is socially and culturally embedded" (Anderson, 2000)

מדע נתפס אצל תלמידים כתחום "סטרילי" עם מאגר עובדות וחוקים, והוא אינו תלוי או מושפע מהחברה בה הוא פועל, מבחינה פוליטית, פילוסופית או תרבותית (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). תלמידים סבורים, כי מקור סמכותו של מדע מצוי בידע מדעי עצמו ולא בפרשנות של המדענים, וזאת מאחר ולמדע אין קשר לסביבה החברתית-תרבותית בה הוא מתקיים (Khishfe & Lederman, 2006). כפי שהוזכר לעיל, הידע המדעי מושפע מהיבטים חברתיים-תרבותיים, כתוצאה מהיותו מעוצב ומנוסח על-ידי אנשים המגיעים מרקעים שונים, עם תפיסות עולם פנימיות, וסביבה סוציאלית ותרבותית בתוכה הם פועלים (NRC, 1996). הבנה של היבט זה תיחשב כאשר תלמיד יוכל ברעיונותיו להזדהות עם רוח ההגדרה הזו.

### 1.1.2 קשיים בהשגת הבנה של טבע המדע

תוצאות מחקרה של מקייטרי (1991), שבדקה את ההשפעה של תכניות לימודים בביוולוגיה על הבנת תלמידים את טבע המדע מצביעות על כך שתלמידים בכל הגילאים של בית-הספר התיכון אינם סבורים כי הידע המדעי הוא בחלקו תוצר של יכולת היצירה האנושית, שהוא זמני, שניתן לבחנו באופן ניסויי או שתחומי המדע השונים יוצרים רשת של מושגים, חוקים ותיאוריות הקשורים זה בזה. טמיר (1994) ערך את המחקר המקיף ביותר בישראל בנושאים של הבנת טבעו של המדע ועמדות תלמידים כלפי המדע. במחקר, שבדק אלפי תלמידי תיכון בגילאים שונים והתבסס על כלי מחקר מגוונים, התברר, בין היתר, כי גם אם ישנו שיפור מסויים במעבר מגיל 14 לגיל 17 בהבנת טבעו של המדע (בעיקר בהשפעת המדע על החברה ובתפקידו של הניסוי במחקר המדעי), הרי שהלימוד בבית הספר התיכון אינו מדגיש מספיק את טבעו הזמני של הידע המדעי כך שאפילו תלמידי כתות י"ב סבורים כי המודלים והתיאוריות המדעיות אינם נתונים לשינוי. טוביאס (1990) ראתה כי תלמידי מדעים התלוננו על כך שהם עוסקים בשינון של מושגים ותוצאות של תהליכים שונים במקום בהיבטים ההיסטוריים, פילוסופיים וחברתיים של המדע הטומנים בחובם עניין רב יותר ומאפשרים הומניזציה של המדע. היא הסיקה כי הכללת טבע המדע בהוראת המדעים יכולה לאפשר לתלמידים להכיר פנים נוספות של תחום דעת זה ושל הדרך בה ניתן ללמוד אותו.

### 1.2.1 שיפור הבנת היבטים של טבע המדע כתוצאה משימוש ב-HPS

שראט (Sherratt), בסקירתו על מטרות התכנית הבריטית להוראת המדעים במחצית הראשונה של המאה ה-20, מזכיר שלושה יתרונות עיקריים של השימוש ב-HPS: הצגת היבטים ההומניים והתרבותיים של המדע, לימוד טבעו ושיטותיו של המדע, ומניעת מצב בו ההוראה היא סטרילית, ומתמקדת בעיקר על התוצרים המדעיים הסופיים. בנוסף לזה, הודגשה החשיבות המרובה להעשרה התרבותית של המורים, יחד עם הגברת מודעותם לקשיים ולתפיסות המדעיות האלטרנטיביות שתלמידיהם יכולים לאמץ גם כן. כמו כן, החשיבות והתרומה של שימוש מקרים בהיסטוריה עבור לימודי המדעים נחקרה והודגמה היטב לא מכבר כפי שדרייבר וחובריו טוענים (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996). לאופן בו המדע מוצג בקוריקולום של לימודי המדעים, יש תפקיד משמעותי בהבניית תפיסות התלמידים כלפי המדע. עוד הם הראו במחקרם כי הצגת הדרך בה התפתח הידע המדעי, תתמוך בלמידה משמעותית במדעים, ותתרום לשימוש מוצלח יותר בידע הנרכש בשיעור, עבור סיטואציות שונות בחיי הילד – או במילים אחרות תשפר את האוריינות המדעית של התלמיד. על אף תוצאות מחקרים מסוימים המראות קשר חלש בין שימוש ב-HPS לבין קידום היבטים שונים בהוראת המדעים, בנושא של טבע המדע ניכר שיפור באותן קבוצות תלמידים, אשר נחשפו לאופן בו רעיונות מדעיים עוצבו, והיכרות מעמיקה עם האנשים האחראים לעיצוב אותם רעיונות (Yager & Wick, 1966). ברוב המקרים נתפסת ההיסטוריה של המדעים בראייה שטחית ואבסולוטית: האירועים המדעיים והפעילות המדעית בעבר מוצגים באופן שיפוטי ופשטני (נכון - תרם להתקדמות המדע, לא נכון - בלם התקדמות המדע). כל זאת לאור הידע הנוכחי שנחשב כ"נכון" (Brush, 1989). בדרך כלל, ייצוג זה כולל אזכור של "שמות ותאריכים" ונושא אופי סמנטי בלבד. מצב זה מוביל לנתק בין חלק אחד של המציאות המדעית (תגלית-רעיון-מודל-תיאוריה) הכלול בחומר הלימוד, והחלק המשלים (תהליכים-השקפות-רעיונות-שיקולים), המהווה תווך אינטלקטואלי, טכנולוגי וחברתי, בתוכו התרחשה הפעילות המדעית הספציפית (Whitaker, 1979). חשיפת תהליך ההתפתחות של רעיונות מרכזיים בהבנת תופעות טבע עיקריות יתרום להכרת הפן **התהליכי** של המדע, ולא רק הפן **העובדתי** שלו. הכרות עם גורמים אנושיים, חברתיים, פוליטיים ואתיים המשפיעים על עבודת המדען, תקדם

"הומניזציה" של תחום התוכן. כך תגבר מידת העניין והמוטיבציה בעיקר אצל תלמידים בעלי נטייה "הומניסטית" ..

## 1.2.2 שימוש ב-HPS והקשר לקונסטרוקטיביזם, ולהבנת טבע המדע

הגישה הקונסטרוקטיביסטית גורסת כי הידע הוא מבנה המורכב ממושגים וקשרים ביניהם. לכל אדם יש עולם מושגים שנבנה כתוצאה מניסיונו האישי המתמשך, ומאפשר לו להתמצא ולתפקד בחיי היום-יום. תפיסה זו מנוגדת לגישה הביהביוריסטית המפרידה בין הלומד לבין סביבתו הפרדה מוחלטת, ואשר בה הידע הנוצר בתהליך הלמידה תואם את המציאות ואינו תלוי במבנה וארגון הידע האישי הקיימים אצל הלומד (Whitaker, 1979). זאת ועוד, מתכנן ההוראה אמור להתחשב באופן ישיר בקיום עולם ההשקפות והדעות של הלומד. תהליך ההוראה חייב לכלול "פניות" אל הדעות הרלוונטיות בהן מחזיק התלמיד לפני תחילת הלימודים הפורמליים (Galili, Student's conceptual change in geometrical optics, 1996). תהליך ההוראה-למידה מתרחש, לפחות בחלקו, סביב התפיסות הקדומות והמוטעות של התלמיד. תהליך ההוראה חייב להתחשב הן בידע הפורמלי והן בייצוג המושגי שלו אצל התלמיד. רק כך יתאפשר לתלמיד לבצע את ההתאמה המושגית המתחייבת מהידע החדש (Wheatley, 1991). הגישה הקונסטרוקטיביסטית רואה את המדע כתוצר של מאמץ אנושי-יצירתי הנתון להשפעות היסטוריות ותרבותיות, ואת הטענות המדעיות כאמיתות לא-מוחלטות הנבנות ומשתנות באופן מתמיד (Matthews, 1994). שימוש בחומרים היסטוריים ופילוסופיים של המדע בהוראת המדעים יכול לשקף היטב ראייה זו. כשם שהרעיונות המדעיים עברו שינויים והתאמות בדרך למצבם הנוכחי - כך גם עולם המושגים של התלמיד צריך לעבור תהליך של שינוי והתאמה לעולם המושגים המדעי. הידע המדעי הוא תמיד תוצר של בחירה בין אלטרנטיבות. הצגת התיאוריות המקובלות כיום מבלי להדגיש את עובדת היותן תוצר של עימות ומחלוקת עלולה ליצור את הרושם שהידע המדעי הוא מוחלט וסופי. גם אם לגישה זו – הצגת הידע המקובל כיום בלבד – יש יתרונות פרגמטיים, הרי שמבחינת התהליך החינוכי היא מחטיאה את המטרה. על מנת להתאים טוב יותר את עולם המושגים של התלמיד לעולם המושגים המדעי, יש מקום להאיר גם את השאלה מדוע התפתח הידע המדעי בדרכים מסוימות ולא בדרכים אחרות. הבנת הגורמים שהשפיעו על כוון התפתחות המדע יחד עם הידיעה כיצד התחוללו השינויים, חשובים

להשלמת התמונה הסופית שתיווצר אצל התלמיד ותקל על ביצוע השינויים במסגרת המושגים האישית שלו.

### 1.3 מטרת המחקר ושאלת המחקר

מטרת העל היא לשפר את השימוש ב-HPS כאמצעי לחידוד וחיזוק הבנת טבע המדע, ובאופן יותר מפורש שיפור הבנת ההיבטים שנדונו במבוא. תחת מטרת העל, המחקר שם לעצמו מספר מטרות נוספות: הראשונה לקשור בין הפרקטיקה איתה אני משתמש בכיתה בין כה וכה – הוראת הביולוגיה תוך שימוש באירועים היסטוריים, תגליות והדרך לחשיפתן, ביוגרפיות של מדענים ועוד מרכיבים מתוך ההיסטוריה והפילוסופיה של המדע – לבין תיאורית למידה מוכרת ומבוססת. למעשה, בקשתי כאן ליצור תשתית נתמכת ספרות להוראה שלי בכיתה, ולנסח באופן מפורש את הפרקטיקה. בהינתן שתכנית הלימודים תומכת בהוראה המקדמת הבנה של טבע המדע (ראה סעיף 1.1), המטרה השנייה של המחקר היא בחינה של אפקטיביות השימוש שאני עושה בהיסטוריה ופילוסופיה של המדע (HPS), כדי לקדם הבנה של טבע המדע (NOS) בכיתתי, לעומת כיתה אחרת שלמדה ללא נגיעה לפרקטיקה הנדונה.

## 2. מערך המחקר

### 2.1 אוכלוסיית המחקר

#### 2.1.1 יא' – בי"ס שקד

בית ספר "שקד" בקרית טבעון, ממוקם בתוך מכללת אורנים. שקד הינו תיכון אנתרופוסופי המהווה המשך ישיר לבית הספר היסודי שקד (כיתות א'-ח') הפועל מתוך אותה משנה חינוכית. עם זאת התיכון גם מקבל לתוכו תלמידים ממגוון בתי ספר נוספים, וכך נוצרת אוכלוסייה מעורבת של תלמידים עם רקע לימודי שונה. התיכון הינו ארבע-שנתי (ט'-י"ב), כאשר למעט שכבת י' – נכון לשנת הלימודים תשע"ו – המונה כיתה אחת, כל שאר השכבות הן בנות שתי כיתות עם מספר ממוצע של 28 תלמידים. לימודי המדעים בכיתות ו'-ח' נערכים באופן שונה מהמקובל ברוב מוסדות החינוך הממלכתיים, כאשר המקצועות המדעיים (פיזיקה, כימיה ומדעי החיים) נלמדים ב"תקופות" אינטנסיביות של שלושה שבועות כל בוקר למשך שעתיים. בכל שכבת גיל נלמדות 3 תקופות מדעיות בשנה, נתון שווה ערך לשלוש שעות שבועיות שנתיות. בכיתה ט' נכנסות שעתיים שבועיות של מדעים כללי, בנוסף לתקופות המדעיות שהכיתה מקבלת. כך יוצא שהרקע המדעי איתו מגיעים תלמידי שקד שעברו את הכשרת היסודי ו-ט', ללימודי הרחבת הביולוגיה בכיתה י', הוא משמעותי בהיקף הזמן לו הקדישו במהלך לימודיהם הקודמים. עם זאת, מבחינת

התכנים לא קיימת חפיפה מלאה לתכנים הניתנים בבתי ספר ממלכתיים אחרים במדינה, ולכן בתחילת לימודי הביולוגיה ניתנת השלמה – בעיקר בכימיה – ליצירת תשתית ידע התואמת את מפרט התכנים של לימודי ההרחבה בביולוגיה. בתחילת כיתה י' מתקיימת תקופה קצרה בה חושפים את התלמידים למקצועות ההרחבה שבית הספר מציע (ביולוגיה, מחשבת ישראל ותולדות האומנות), ולאחר מספר שיעורי התנסות בכל אחד מהמקצועות, התלמידים בוחרים את התחום אותו ירחיבו במהלך שלוש השנים שלהם בתיכון. מגמת הביולוגיה בתיכון שקד דומה בדרישותיה לאלו מהחינוך הממלכתי, למרות שמספר הש"ש המוקצה ללימודי המקצוע הינו 13 על-פני 3 שנים (3, 6, 4 בכיתות י'-י"ב בהתאמה) לעומת 15 הניתנות במרבית בתי הספר המגישים לבגרות 5 יחידות ביולוגיה. המחקר הנוכחי יתמקד בכיתה י"א (של שנת הלימודים תשע"ו), בקבוצה של מגמת הביולוגיה הלומדת לקראת בחינת בגרות של 2.5 יחידות מתוך 5 (בתכנית הלימודים החדשה משקלה של הבחינה הוא 55% מסך היחידות), המתקיימת לקראת סוף השנה. קבוצת המחקר מונה 19 תלמידים (15 בנים, ו-4 בנות) אשר התחילו כאמור את לימודי הביולוגיה שלהם בכיתה י' (תשע"ה), כאשר הנושא המרכזי היה "מערכות גוף האדם" בהתאם למפרט התכנים של המקצוע. בכיתה י"א הקבוצה מקבלת כאמור 6 שעות שבועיות, כאשר החלק הארי (שני-שליש לערך) מוקדש לנושא "התא" והשאר לנושא השלישי שמופיע בבחינת הבגרות – אקולוגיה. מתוך היכרות עם הכיתה ועם דרישות המקצוע, אני מעריך את רמת הכיתה כממוצעת, אם-כי היא יחסית הטרוגנית עם תלמידים חזקים לצד כאלו חלשים. בבחינת הבגרות מקיץ תשע"ו הציון המרבי היה 98, הנמוך ביותר 48, והממוצע הכיתתי שהתקבל היה 77.5 – במקצת מעל הממוצע הארצי.

### 2.1.2 יב' – בי"ס אוריה

במקביל לכיתה בתיכון "שקד" שלמדה כאמור ביולוגיה תוך שימוש בפרקטיקה של HPS, נבדקה הבנת היבטים שונים של NOS גם בכיתה מגמה אצל עמיתה העובדת במקיף ב' "אוריה", שהוא בית ספר ממלכתי-דתי, בראשון לציון. מקיף "אוריה" הינו בית ספר שש-שנתי מעורב לבנים ובנות, על-אף היותו דתי. האוכלוסייה הנכנסת בשעריו ברובה הם ילדי עולים (דור שני) אשר מוגדרים במעמד סוציו-אקונומי נמוך. בכל שכבה יש 2-3 כיתות – בנפרד לבנים ולבנות – עם 25-30 תלמידים, ובהתאם סך התלמידים במקיף נע סביב 350 תלמידים. אחוז המסיימים בגרות מלאה הוא 96% נכון לשנת הלימודים תשע"ה. בהיותו בית ספר עם רקע כפי המתואר, עיריית ראשון לציון משקיעה בו משאבים רבים, המתבטאים בין היתר בשעות הוראה נוספות מעבר לסל הניתן על ידי משרד החינוך, וכך יוצא שתלמידיו מקבלים יותר שעות בכל מקצוע. תכנית הלימודים המובאת במדעים נגזרת מזו הממלכתית, כלומר

בכיתה ז' 4 ש"ש, בכיתה ח' 4 ש"ש עם מבחן מיצ"ב בסוף השנה, בכיתה ט' 5 ש"ש ובכיתה י' 3 ש"ש של מבוא לביולוגיה (מיועד לכלל תלמידי השכבה). המגמות של 5 יחידות לימוד מתחילות בכיתה י"א, כאשר התלמידים צריכים לבחור בין ביולוגיה, מחשבים, חוק ומשפט, ספורט וספרות. הלימוד במגמות מעורב בין בנים ובנות, עם 15 תלמידים לערך בכל שנתון של כל מגמה.

הכיתה בה הועבר השאלון היא של מורה עמיתה לביולוגיה מתכנית רוטשילד ויצמן (אודליה מרי), אשר נאותה להשתתף במחקר הנוכחי. מדובר בתלמידי כיתה ביולוגיה בשנת י"ב, שלמדו עם המורה במהלך 3 השנים האחרונות, כאשר עבור חלקן היא הייתה בנוסף גם מחנכת הכיתה (כאמור כיתות האם מופרדות). הקבוצה מנתה 16 תלמידים המתחלקים באופן שווה בין בנים ובנות, אך את השאלון מילאו 9 תלמידים. בשנה האחרונה ללימודיהם במגמה, התלמידים עסקו בהכנה לבגרות מעבדה, ובמקביל העמיקו בשני נושאי בחירה של הבגרות העיונית – מיקרוביולוגיה ומערכות הובלה והפרשה בגוף האדם. אופי מרבית השיעורים – על-פי המורה – היה פרונטלי, כאשר רוב הלימוד נשען על מצגות המוכוונות לבגרות בלבד (של נחשון), עם מעט עבודת מחברת או ספרים. לאורך השיעורים היה שימוש בסרטונים וסימולציות מדי-פעם, אך כאמור המסה העיקרית של החומר הלימודי ניתנה בשקופיות אשר סרקו את הסילבוס המוכתב כהכנה לבחינת הבגרות. התלמידים עברו 2 מבחנים בכל מחצית, ומתכונת בסוף השנה. המורה ציינה כי האווירה הלימודית בכיתה הייתה טובה עם התעניינות ומוטיבציה להצלחה, אך הרמה הלימודית הייתה בינונית, והעיד על כך ציון המגן של 77 (לא היה בידיה הציון הסופי של בחינת הבגרות). ראוי לציין, כי הכיתה לא למדה בשום שלב במהלך שנותיה תכנים של היסטוריה ופילוסופיה של המדע, אם מפורשות כדרך ללמד ביולוגיה, ואם בעקיפין כהעשרה.

## 2.2 ידע קודם הנדרש מהתלמידים (יא' – בי"ס שקד)

כחלק מתכנית הלימודים לבגרות מורחבת בביולוגיה, לומדים תלמידי המגמה את נושא "התא" הכולל בתוכו תתי נושאים רבים, כגון מבנה התא, מבנים מולקולריים, תהליכים ביוכימיים המתקיימים בתא, חלוקת תאים, היווצרות תאי מין והקשר בין פעילות ברמת התא לבין פעילות ברמת האורגניזם השלם. הידע הקודם הנדרש כדי להפגיש את התלמידים עם תכנים אלו הוא בעיקרו היכרות עם מושגים מולקולאריים וכימיים, מאחר ושאר הידע נבנה הלכה למעשה תוך כדי השיעורים עצמם. ידע קודם ב'טבע המדע' לא נדרש, מאחר והמחקר הנוכחי מתעתד לבדוק האם הוראת תכנים מסילבוס המקצוע, בעזרת היסטוריה ופילוסופיה של המדע, ישפר הבנה של היבטים מסוימים מתוך 'טבע המדע' אצל התלמידים.

### 2.3 רצף ההוראה

רצף ההוראה עבור המחקר הנוכחי נמשך לאורך מספר חודשים בהם נלמד נושא התא בכיתה. מכיוון שאופן ההוראה שלי משתמש באירועים היסטוריים של המדע (סיפור הגילוי, ניסויים פורצי דרך, ביוגרפיות וכו'), לא הייתה התערבות נקודתית, אלא שימוש חוזר באותו כלי, ובחינה של השפעתו על הבנת 'טבע המדע' אצל התלמידים לקראת סיום שנת הלימודים (באמצעות ניתוח שאלונים). בהקשר זה יש לציין שגם לא ניתן מבדק קודם להתערבות, מאחר ואופי ההוראה ארוג בתוך לימודי הכיתה הזו גם משנה קודמת, ולא ניתן להפריד ולומר באופן מפורש מה היה לפני. כאמור, כדי לקבל נקודת ייחוס אליה ניתן להשוות – במידה מסוימת ומוגבלת – הועבר שאלון זהה בכיתת ביולוגיה מבית ספר הממלכתי-דתי "אוריה" בראשון לציון (פירוט על אוכלוסיית המחקר הזו מופיע בסעיף 2.1.2).

שלושה תתי-נושאים (מערך שיעורים) שנלמדו במסגרת 'התא', נלמדו בשילוב ובשימוש של HPS: 'מבוא לנושא התא', 'גילוי החומר התורשתי – דנ"א', ו-'הורשה מנדלית'. הלימוד של כל תת-נושא כזה ארך מספר משתנה של שיעורים, שנה בין 4 ל-5 שעות אקדמיות עם אופי משתנה של הכלים הדידקטיים שהופעלו בתוך כל מערך ובין שלושת המערכים. הכלים בהקשר ל-HPS שנעשה בהם שימוש היו מצגות, סרטונים, חומר קריאה מהספר, שאלות לתלמידים, שאלות שהתלמידים כתבו, תיאור פרונטלי של הניסויים המקוריים, דיונים, התבוננות בחלק מהתופעות שהיוו רקע לפריצות הדרך שעשו המדענים (הסתכלות במיקרוסקופ), ושחזור חלקי המדמה את הניסויים שבוצעו על-ידי המדענים (הנבטת זרעי טבק עם פנוטיפ שונה, כמהלך המדמה את הניסויים שהיוו בסיס לחוקי ההורשה שחשף המדען גריגור מנדל). יש לציין כי במרבית השיעורים – בכל אחד מתת הנושאים – היה כמובן גם שילוב של חומרים הנובעים מתוך הסילבוס שאינם קשורים ל-HPS, אלא עומדים בזכות עצמם כתכנים הנדרשים כהכנה לבגרות. עובדה זו מקשה לבצע הפרדה ברורה בתיאור מערך השיעור, ולמעשה בטבלה המצורפת מטה התייחסתי רק לכלים בהקשר לשיטה הנחקרת, תוך התעלמות מודעת מחלקים נוספים שהופיעו בשיעורים, אשר אינם קשורים ל-HPS.

רצף ההוראה והערכה של נושא "התא", והכלים הפדגוגיים בהם נעשה שימוש על מנת לחזק את ההבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע –

תת-נושא בתוך נושא 'התא'	שלב ברצף ההוראה השנה לאורך השנה	הכלי הדידקטי שנעשה בו שימוש	תוכן בהקשר ל- HPS ו/או NOS	כלי איסוף הנתונים	מטרה פדגוגית ו/או דרך ניתוח מתוכנת
<b>מבוא לנושא התא</b>	חודש נובמבר 2015 (4 שיעורים)	מצגת			ניתוח וזיהוי השקפים המחזקים הבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע
		קריאה ושאלות בספר הלימוד	השתלשלות רצף היסטורי		תכנים ושאלות המחזקים הבנה של היבטים בטבע המדע
		דיון כיתתי	סוגיות של NOS	הקלטת השיעור	ניתוח השיח הכיתתי (לא בוצע)
		סרטון	כיצד הגיעו לתיאורית התא		סרטון המראה את התפתחות תיאורית התא. מחזק הבנה של היבט הטנטטיביות והשפעה חברתית-תרבותית
		התבוננות במיקרוסקופ			"שחזור" חווית הגילוי של מיקרואורגניזמים
		תיאור הניסוי המקורי	הניסוי של פסטר		כיצד פועל המדע (NOS "בדלת האחורית")
<b>גילוי החומר התורשתי</b>	חודש ינואר 2016 (5 שיעורים)	מצגת			ניתוח וזיהוי השקפים המחזקים הבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע
		דיון כיתתי	הצגת תופעה ושאלות תלמידים העולות מתוכה		ניתוח שאלות שהעלו התלמידים (לא בוצע)
		תיאור הניסוי המקורי	ניסויים פורצי דרך לגילוי החומר התורשתי		זיהוי השקפים המחזקים הבנה של היבטים בטבע המדע
		קריאה ושאלות בספר הלימוד	קריאה חוזרת בבית של הניסויים ושאלות		תכנים המחזקים הבנה של היבטים בטבע המדע
		סרטון	סיפור גילוי מבנה הדנ"א ע"י וואטסון (הרצאת TED)		הרצאה המספרת ממקור ראשון על הדרך לגילוי. מחזק הבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע
<b>הורשה מנדלית</b>	חודש מאי 2016 (4 שיעורים)	מצגת			ניתוח וזיהוי השקפים המחזקים הבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע

		תיאור בעל-פה + סרטון על מנדל	ביורפיה		
		תיאור בעל-פה + סרטון על ניסויי האפונה שביצע מנדל	תיאור הניסוי המקורי		
חלקים בניסוי המחזקים הבנה של היבטים מסוימים בטבע המדע (לא ההיבטים שנחקרו בעבודה זו)	דפי עבודה המלווים את מהלך ותוצאות הניסוי (קיימת רק דוגמא ריקה בנספח 5.4)	התנסות בביצוע ניסוי הדומה למקורי, הוצאת תובנות והבנה טובה יותר של שיקולי המדען	שחזור ניסוי היסטורי		
האם השימוש ב-HPS תרם להבנה מעמיקה יותר של 'טבע המדע'. פילוח סטטיסטי בתוך הכיתה, ובהשוואה לכיתה אחרת.	שאלון ייעודי הבודק הבנה של היבטים מסוימים ב- 'טבע המדע'		פוסט הוראת שלושת מערכי השיעור (לקראת סיום השנה – בחודש מאי)	מאי	שאלון פוסט
כיצד הוראה שאינה בדגש על HPS משתקפת בהבנה של 'טבע המדע'.	שאלון ייעודי הבודק הבנה של היבטים מסוימים ב- 'טבע המדע'		שאלון בכיתה שאינה למדה תוך שימוש ב-HPS		

**מצגת "ההיסטוריה של התפתחות תיאוריית התא"**

איך הכל התחיל?

- ואן לבנהוק (1632-1723) אוסף מי שלולית, ולכלוך משיניו, להסתכלות במיקרוסקופ (שבנה בעצמו), ובכך מגלה לראשונה את המיקרואורגניזמים.
- הוא מפרסם זאת, ויש התלהבות אדירה מגילוי העולם המיקרוסקופי, והיכולת להתבונן מקרוב.
- עדיין אף אחד לא עושה הקשר בין כל היצורים וחלקי היצורים שמתגלים תחת המיקרוסקופ, יחד עם גילוייו של רוברט הוק

צמודים 17-18 בספר...

## ההיסטוריה של התפתחות תיאוריית התא

איך הכל התחיל?

צירוי של שוואן במחברתו, כפי שצפה בהם במיקרוסקופ:



השאלות הראשונות...

- ממה מורכב גופם של יצורים חיים?
- האם כל יצור חי מורכב מאותן יחידות בסיסיות?
- מהי צורת החיים הקטנה ביותר?
- כיצד נבראים יצורים חדשים?
- האם ייתכן שייוצר יצור באופן ספונטני מ"האוויר"?

ואיך גילו את התשובות לכל זה?

איך הכל התחיל?

שוואן ושליידן מפרסמים ב-1838 את **תיאוריית התא**

היצורים החיים למיניהם, צמחים ובעלי-חיים, על אף היותם שונים בצורתם החיצונית, הם בעלי מבנה בסיסי דומה. כולם בנויים מיחידות יסוד זעירות - תאים - שבהם יש ציטופלסמה וגרעין.

עם זאת שניהם ממשיכים להתווכח על מוצא התאים... עד שהגיע הרופא וירכוב, והוסיף בשנת 1858 את החתיכה החסרה:

**omnis cellula ex cellula**

ובעברית... **"כל תא מוצאו בתא אחר"**

איך הכל התחיל?

- רוברט הוק (1635-1703) בונה מיקרוסקופ, ומסתכל על כל דבר אפשרי - בדים, אבנים, הפצים שונים. עד שהוא נתקל בזה... מה זה?



אחד המיקרוסקופים שהוק מסתכל בהם

איך הכל התחיל? הסיפור בקצרה...

כתובת הסרטון:  
<http://ed.ted.com/lessons/the-wacky-history-of-cell-theory>



איך הכל התחיל?

- רוברט הוק מצייר את המבנים המוזרים האלו של פקק השעם, וכותב כך בספרו "מיקרוגרפיה" ב-1665:

ינטלתי חתיכת שעם נקייה, ובסכין להירוד קולטוסים, חדה כתער, פרסתי ממנה פרוסה שפניה החיצוניים היו חלקים מאוד. אחר כך בדרקתי שעם זה בדיוקנות מרובה במיקרוסקופ. נרמזה היה לי שראיתיו נקבובי במקצת, אך לא יכולתי להבחין בנקבובים במהירות מספיקה כדי שאוכל לקבוע אם באמת נקבוביות הן אלה ומה צורתן. אך על סגך בנישותו של השעם וקלילתו לא נראה לי מבנה זה מור. קיוויתי, שבמאמץ נוסף אוכל להבחין במבנהו במיקרוסקופ. באותה סכין מושחתת פרסתי מאותה חתיכת שעם פרוסה דקיקה ביותר. הואיל והפרוסה הייתה בהירה, נתחתי אותה תחת המיקרוסקופ על זכוכית כהה, וכשהסתיתי לעברה את האור בעזרת עדשה שטוחה-קמורה, יכולתי להבחין בבהירות רבה שהפרוסה ננקבת ומחוררת, ברובה לחלת דבש, אך החורים בה לא היו אחידים.

הוק מכנה את המבנים האלו **"תאים"**, מאחר והם מזכירים לו את החדרים שחיים בהם הנזירים של אותה תקופה.

## קיצור תולדות 'התפתחות תיאורית התא'

- רוברט הוק (1635-1703) בונה מיקרוסקופ, ומסתכל על על פקק שעם. טובע את המונח "תא".
  - ואן לבנהוק (1632-1723) מגלה לראשונה את המיקרואורגניזמים – יצורים קטנים שניתן להבחין רק באמצעות המיקרוסקופ.
  - רוברט בראון (1773-1858) מבחין באזור עגלגל במרכז התא, ומכנה אותו "גרעין התא".
  - שליידן (1804-1884) ו-שוואן (1810-1882) מנסחים את "תיאורית התא", ואת המושג *ציטופלסמה*
  - וירכוב (1821-1902) מגלה כי "כל תא מוצאו בתא אחר", ומשלים את תיאורית התא
- להשאיר מקום לציור ה"תא"

9



## תיאורית התא

כל היצורים בנויים מתא אחד או יותר  
 התא הוא היחידה הבסיסית של החיים  
 תאים חדשים נוצרים רק מתאים קיימים

10

האם מיישחו מהמדענים המכובדים הוכיח משהו מטענותיו?

לאוי פסטר ב-1862, מוכיח שמיקרואורגניזמים לא נבראים באופן סופנטני בשנת 1862 ערך פסטר את הניסוי המתואר באיור א-1. פסטר מזג מצע מזון לבקבוקי זכוכית בעלי צוואר צר וארוך. את צווארם של חלק מהבקבוקים כופף באמצעות חימום, ואילו את צווארם של הבקבוקים האחרים השאיר ישרים. קצה הפייה היה פתוח ואפשר חדירה של אוויר. גם הצוואר המכופף מאפשר כניסת אוויר, אך הוא לא מאפשר למיקרואורגניזמים להגיע למצע המזון שכן הם שוקעים באזור הכיפוף ונשארים שם.



א. תחילת הניסוי - בקבוקים עם מצע מזון שהורתח בשני הבקבוקים מצע המזון צלול.

ב. סוף הניסוי - רק בבקבוק בעל הצוואר הישר מצע המזון עכור.

11

איור א-1: הניסוי של פסטר

## שיעורי בית

- מדוע היה צורך להרתיח את מצע המזון בתחילת הניסוי?
- צינו שלושה גורמים קבועים בניסוי של פסטר.
- מה החשיבות של הכלי הפתוח בעל הצוואר המכופף?
- סכמו את המידע הנוגע לניסוי של פסטר.

	ההשערה
	התוצאה
	המסקנה

12

# מצגת "המסע לגילוי מבנה החומר התורשתי – DNA"

השאלות המרכזיות שעולות לאור התופעה של שימור מראה והתנהגות לאורך הדורות

- מה משמר לאורך הדורות את התכונות של המין?
- האם תכונות יכולות לעבור בין מינים?
- היכן בתא נמצא החומר התורשתי?
- כיצד נראה אותו חומר תורשתי?
- כיצד החומר התורשתי מקודד לתכונות של יצור שלם?

6

המסע לגילוי מבנה החומר התורשתי:  
ה – DNA

ניסויים פורצי דרך לקראת  
מהפיכת הביולוגיה המולקולרית

1

סרטון על הניסוי

**אמבה**




והראשון לשאול ולחקור היה **דניאל מאזיה** באמצעות...  
איזה ניסוי יש לבצע עם האמבה כדי לענות על כל שאלה



- האם הגרעין הכרחי לקיום תהליכי החיים של תא האמבה?
- מה הם תפקידיו של הגרעין בתא האמבה?

7

התופעה – מפיל לא נולד עכבר או מוטלת ביצה של זכוב

2

הבא לבדוק את השאלות האלו היה האמרלינג בשנת 1931, באמצעות...



**אצטבולריה - סוככנית**

8

גם מאירוס הגלבווע לא מתקבלים זרעים של אירוס הארגמן

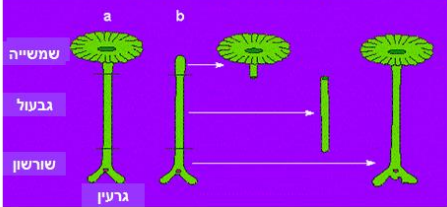




3

סרטון על הניסוי

**אצטבולריה - סוככנית**



9

וליתר דיוק – צמח החיטה מייצר רק זרעי חיטה




אפילו לא שעורה שמאד דומה לו

4

**אצטבולריה - סוככנית**



10

לאור התופעות שחזינו בהן, מהן השאלות שעולות אצלכם?

- בבקשה כל אחד כותב במחברת 5 שאלות שעלו אצלו מתוך הדיון והתופעות שהוצגו – ניתן לכתוב גם שאלות נוספות הקשורות לתורשה



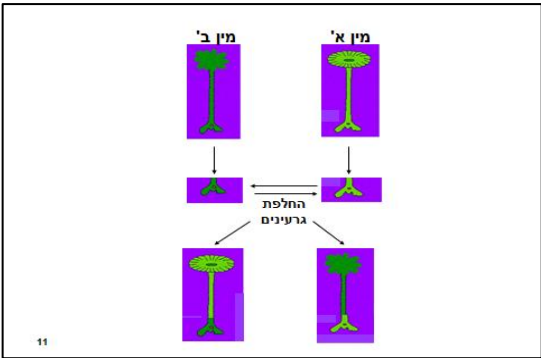


5

השאלות שעלו וקיבלו מענה – מסוים – מתוך הניסויים שברצונו עד כה (אנחנו בשנות הארבעים של המאה ה-20)

- מה משמר לאורך הדורות את התכונות של המין?
- האם תכונות יכולות לעבור בין מינים?
- היכן בתא נמצא החומר התורשתי?
- כיצד נראה אותו חומר תורשתי?
- כיצד החומר התורשתי מקודד לתכונות של יצור שלם?

16



השאלה הבאה שהטרידה את המתעניינים

- איזה חומר נושא את המידע התורשתי?

המועמדים...

**חלבונים**

או

**חומצות גרעין**

17

שיעורי בית

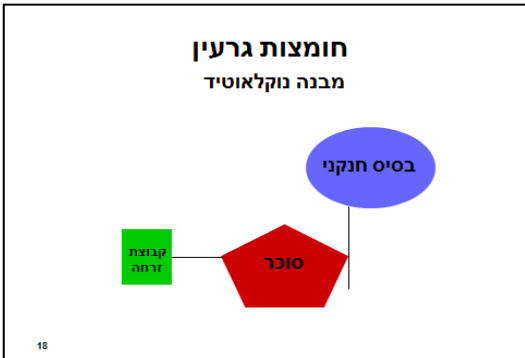
תקראו בבית שוב את עיקרי הניסויים שביצעו מאזיה והמרלינג בעמודים 60-62

✓ מה הניסוי שענה לשאלה 'האם הגרעין הכרחי לקיום התא'? הסבר מה התוצאה שענתה על כך.

✓ מה הניסוי שענה לשאלה 'מה תפקודו של הגרעין בתוך התא'? הסבר מה התוצאה שענתה על כך.

✓ מה הניסוי שענה לשאלה 'האם ניתן להעביר תכונות בין תאים'? הסבר מה התוצאה שענתה על כך.

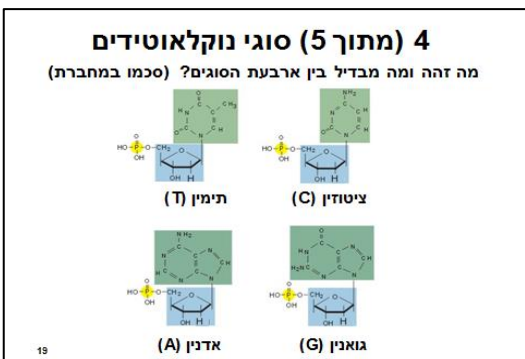
12



הניסוי של פרדריק גריפית'

מה המסקנה? "משהו" בתוך התא גורם לשינוי תכונות התא.

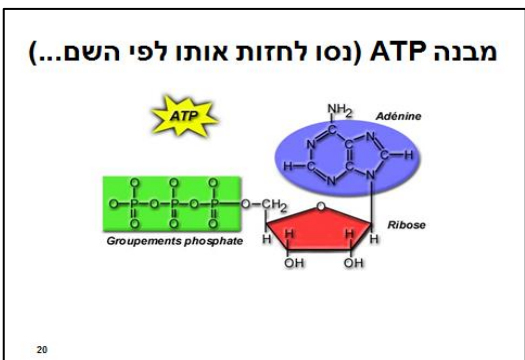
13



גידול חיידקים על מצע מקובע - בצלחת

תרכיז של חיידקים בעלי מעטפת הובנס למצע גידול עם חיידקים חסרי מעטפת... ומה היו התוצאות?

14

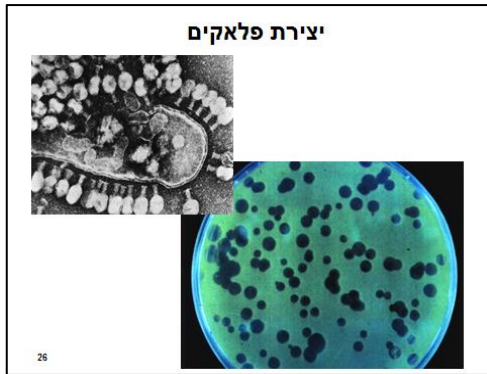


הניסוי של פרדריק גריפית'

שאלה: על סמך הניסוי שערך גריפית', הוא הסיק ששינוי תכונות החיידקים הוא תורשתי.

על מה מבוססת מסקנה זו?

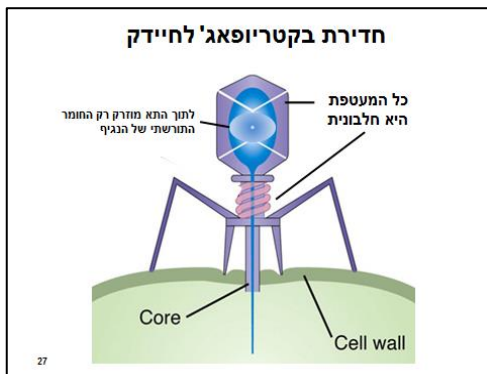
15



רקע לניסוי שבדק מהו החומר הנושא את המידע התורשתי

חלבונים  
או  
חומצות גרעין

21



### איזה אטום קיים רק בחלבונים, ואיזה קיים רק בחומצות גרעין?

**בחלבונים** יש אטום גופרית (S) ואין אטום זרחן (P)

**בחומצות גרעין** אין אטום גופרית (S) ויש אטום זרחן (P)

22

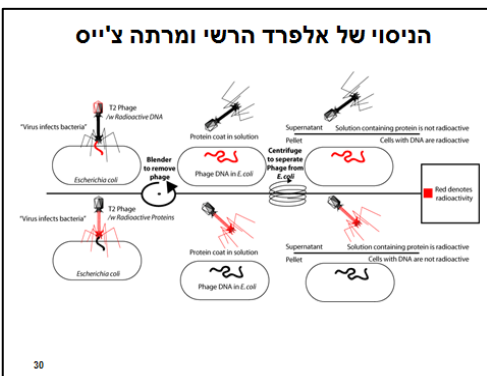
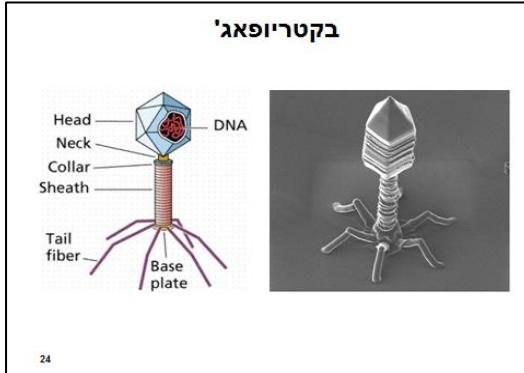
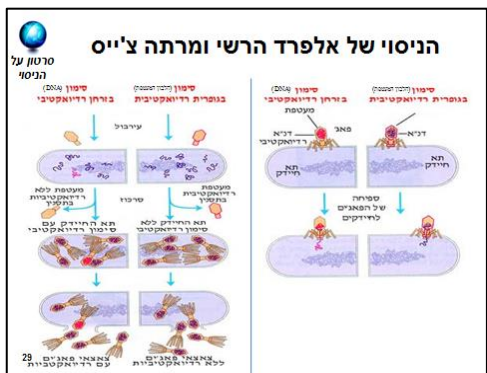
### הניסוי של אלפרד הרשי ומרתה צ'ייס

נקודות המוצא והרציונאל

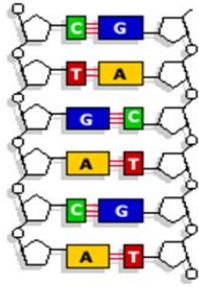
- ✓ התופעה: קיים חומר מסוים הנושא את המידע התורשתי, בין הדורות
- ✓ שאלת המחקר: איזה חומר משמש כנשא המידע - חלבונים או חומצות גרעין?
- ✓ השערת המחקר: חומצות גרעין ולא חלבונים הם אשר נושאים את המידע התורשתי בין הדורות

מערך הניסוי

28

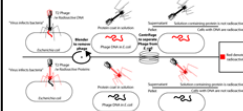


## מבנה מולקולת DNA – דו גדילית



36

## הניסוי של אלפרד הרשי ומרתה צ'ייס



משימה 1:

סכמו את התוצאות בטבלה מתאימה

שאלה 1:

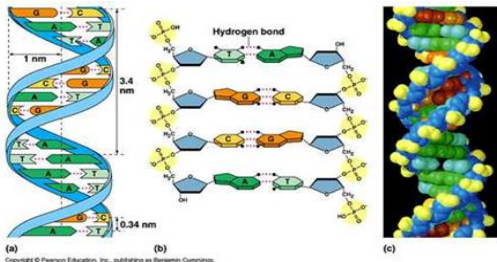
מה אפשר ללמוד מתוצאות הניסוי?

שאלה 2:

הסבירו מדוע החוקרים הרשי וצ'ייס הסיקו שהחומר התורשתי בפאגי (וירוס) הוא DNA ולא חלבון

31

## מבנה מולקולת DNA – סליל כפול



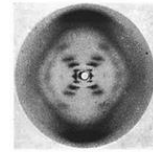
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.  
37

## גילוי מבנה ה-DNA



32

## המגלים וסיפור הגילוי



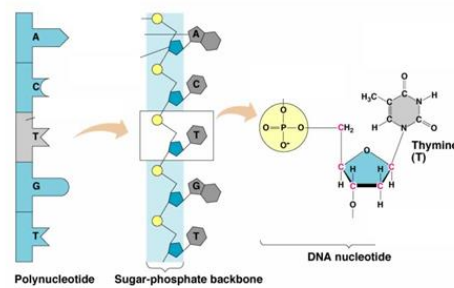
33

גילוי מבנה הדנ"א – "המפץ הגדול של הביולוגיה"

- הסיפור על הסליל הכפול...
- הרצאה ב-TED מפי ג'ים וואטסון (זוכה פרס נובל) – הרצאה של דר' נורית בובליל על סיפור הגילוי (מומלץ!)
- במה הועיל גילוי הדנ"א
- שימוש במשפט
  - זיהוי פלילי: הרצאה של דר' נורית בובליל
  - זיהוי אלמונים: הרצאה של דר' נורית בובליל

34

## מבנה גדיל במולקולת DNA



© Addison Wesley Longman, Inc.  
35

- I. סרטון אנימציה של TED.Ed (המחלקה החינוכית של האתר) על ההיסטוריה של התפתחות תיאורית התא – מהמצאת המיקרוסקופ, גילוי התאים הראשונים, מאבקי הקרדיט בין המדענים ועד ניסוח תיאורית התא. כתובת הסרטון:  
<http://ed.ted.com/lessons/the-wacky-history-of-cell-theory>  
 הוצג במערך השיעורים של "היסטורית התפתחות תיאורית התא"
- II. אנימציה על הניסויים הראשונים שביצע דניאל מאזיה בחד-תאים (באורגניזם אמבה) לגילוי תפקוד הגרעין בשרידות התא. כתובת האנימציה:  
<http://www.eshkolp.org.il/learn/torasha/ameba/ameba.htm>
- III. אנימציה על הניסויים שבוצעו באצה החד-תאית אצטבולריה (סוככנית) לגילוי תפקודו של גרעין התא בנושאת המידע הגנטי. כתובת האנימציה:  
<http://www.eshkolp.org.il/learn/torasha/acetabu/acetabul.htm>
- IV. אנימציה על הניסוי של הרשי וצ'ייס (הראשון זכה בנובל ב-1969) משנת 1952, שבוצע על חיידקים ונגיפים. מטרת הניסוי הייתה לזהות מהו החומר הנושא את המידע התורשתי בגרעין – חלבונים או חומצות גרעין (DNA). כתובת האנימציה:  
<http://highered.mcgraw-hill.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::535::535::/sites/dl/free/0072437316/120076/bio21.swf::Hershey%20and%20Chase%20Experiment>
- V. הרצאה של ג'יימס וואטסון בפלטפורמת TED, על הדרך לגילוי מבנה הסליל הכפול. בהרצאה המדען מתאר את האירועים והסיפורים הקטנים סביב אחד הגילויים הגדולים בהיסטוריה של המדע. כתובת ההרצאה:  
[http://www.ted.com/talks/james\\_watson\\_on\\_how\\_he\\_discovered\\_dna](http://www.ted.com/talks/james_watson_on_how_he_discovered_dna)
- כל הסרטונים והאנימציות בסעיפים II-V הוצגו בתוך מערך השיעורים של המסע לגילוי מבנה החומר התורשתי – DNA.

VI. קטע מסדרה של ערוץ Discovery המשחזר את ניסויי גרגור מנדל וצמחי האפונה. זוהי סדרה של עשרה פרקים, כאשר כל אחד סוקר את היסטורית עשר התגליות הגדולות של ענף מסוים במדעים. הפרק המדובר עוסק בהיסטוריה של הגנטיקה.

כתובת הסרט:

[https://www.youtube.com/watch?v=f6CUYWpsbCQ&index=6&list=PLDeln0BXcz6qr7wn\\_s7vtCedOE67eN-e7](https://www.youtube.com/watch?v=f6CUYWpsbCQ&index=6&list=PLDeln0BXcz6qr7wn_s7vtCedOE67eN-e7)

VII. סרטון אנימציה של TED.Ed (המחלקה החינוכית של האתר) על עקרונות ההורשה שגילה מנדל – איך גילה, מה גילה והרלוונטיות של תגליות אלו לימינו אנו.

כתובת הסרט:

<http://ed.ted.com/lessons/how-mendel-s-pea-plants-helped-us-understand-genetics-hortensia-jimenez-diaz>

הסרטון והאנימציה המופיעים בסעיפים VI-VII הוצגו בתוך מערך השיעורים של הביוגרפיה של מנדל והדרך שלו לגלות את חוקי ההורשה הקלאסיים (הורשת תכונות בגן יחיד ובשני גנים).

#### 2.4.3 עמודים מהספר ששולבו במערך הלמידה

מתוך הספר: התא – יחידת החיים (גרוס & עתידיה, תשס"א, 2000)

I. עמודים 15-19: עוסקים בהיסטוריה של התפתחות תיאורית התא. חלק הובא בקריאה משותפת בכיתה, וחלק ניתן כקריאה עצמית המלווה בשאלות על התהליך.

II. עמודים 60-62: עוסקים בסדרת הניסויים שבוצעו בשנות ה-30 של המאה הקודמת, באמבות ובאצה הסוככנית לגילוי חיוניות גרעין התא והשפעתו על המידע הגנטי. ניתן כחומר קריאה הביתה מלווה בשאלות אודות הניסויים, והמסקנות שהוציאו מהם המדענים.

#### 2.4.4 דפי עבודה

במקביל לניסוי שבוצע בכיתה עם זרעי טבק המדמה את סדרת הניסויים שביצע גרגור מנדל במאה ה-19, ניתן דפי עבודה (ראה נספח 5.4) המסכמים את תוצאות הניסוי, ואת התובנות שניתן להוציא מהן – כפי שעשה מנדל לקראת ניסוח חוקי ההורשה.

## 2.5 כלי המחקר

כדי להעריך את תרומת השימוש ב-HPS לשיפור הבנת ההיבטים של טנטטיביות והשפעות חברתיות-תרבותיות אצל תלמידים, השתמשתי בשאלון עוקב להפעלת הפרקטיקה בכיתה (ראה נספח 5.2), וניתוח מצגות (מופיעות בסעיף 2.4.1):

1) שאלון הבדוק הבנה של שני היבטים מתוך 'טבע המדע' – טנטטיביות והשפעות חברתיות-תרבותיות. השאלות נלקחו מתוך מאמר של לדרמן ו-אבד-אל-קהאליק הנקרא VNOS(B) (Lederman & Abd-El-Khalick, 2001), ומתוך עבודת הדוקטורט של דר' דינה ציבולסקי (2012) כלומר הן עברו תיקוף. בנוסף השאלון הועבר תחילה בין עמיתים מהתכנית לתואר שני במסגרתה נכתבה עבודה זו, כדי לוודא שהשאלות מנוסחות היטב, מובנות ונותנות אפשרות לזהות הבנה של ההיבטים הנחקרים מתוך 'טבע המדע'. לאחר מילוי העמיתים, הוסרו שאלות ושונה הנוסח של חלקן, כדי להתאים את השאלון למטרות המחקר.

השאלון המונה עשר שאלות חולק לשלוש קטגוריות בהתאם לסוגן – שלוש 'סגורות' ("אמריקאיות"), ושבע פתוחות המחולקות ל-חמש 'עמדה' (מסכים / לא מסכים עם טענה מסוימת) המלווה בנימוק, ושתיים 'פתוחות'. אלו האחרונות נוסחו ע"י Lederman ו-Abd-El-Khalick (2001, VNOS(B)) עבור בחינת הבנה של ההיבטים הנחקרים כאן, ותורגמו כלשונן על-ידי. מתוך השאלות הפתוחות ארבע כווננו לעמדה בנוגע לטבע המדע והוראתו (שאלות מספר 4, 5, 6 ו-10), וארבע ניסו להתחקות אחר הבנת טבע המדע אצל התלמידים המשיבים (שאלות מספר 1, 3 ו-8). התשובות לשאלות 'הסגורות', וכן החלק הסגור של שאלות 'העמדה' נאספו לתוך גיליון אקסל עבור ניתוח סטטיסטי והעמדת גרפים מסכמים. העמדות והנימוקים לשאלות הפתוחות נותחו בנפרד לפי זיהוי של דפוסי תשובה החוזרים על עצמם (ראה פרק תוצאות ודיון). יש לציין כי לאחר קריאת התשובות ואיסוף הנתונים, הוחלט להשמיט מהניתוח את שאלות 8 ו-10 מאחר ונראה שהן חוזרות במהותן על שאלות 3 ו-4 בהתאמה (היו אף מספר תלמידים שהפנו בשאלות 8 / 10 לתשובה שהנפיקו בשאלות 3 / 4).

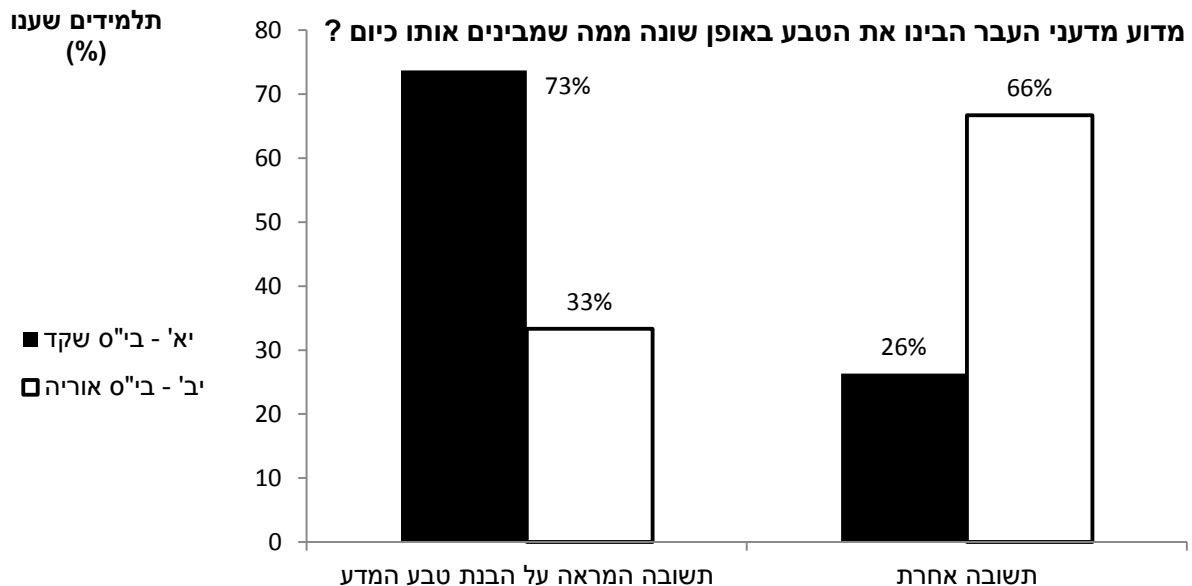
את השאלון העברתי בשתי כיתות – האחת בביה"ס שלי, אותה למדתי במהלך השנתיים האחרונות. הכיתה השנייה שעברה את השאלון עוברת תהליך לימודי עם מורה עמיתה (לפירוט נוסף על אוכלוסיית המחקר, ראה סעיף 2.1.2).

2) זיהוי אפיזודות במצגות המחזקות את ההבנה של ההיבטים ב'טבע המדע' אותם ביקשתי לקדם במסגרת ההוראה העושה שימוש ב-HPS.

### 3. תוצאות ודיון – השאלון והמצגות

#### 3.1 שאלות סגורות ("אמריקאיות")

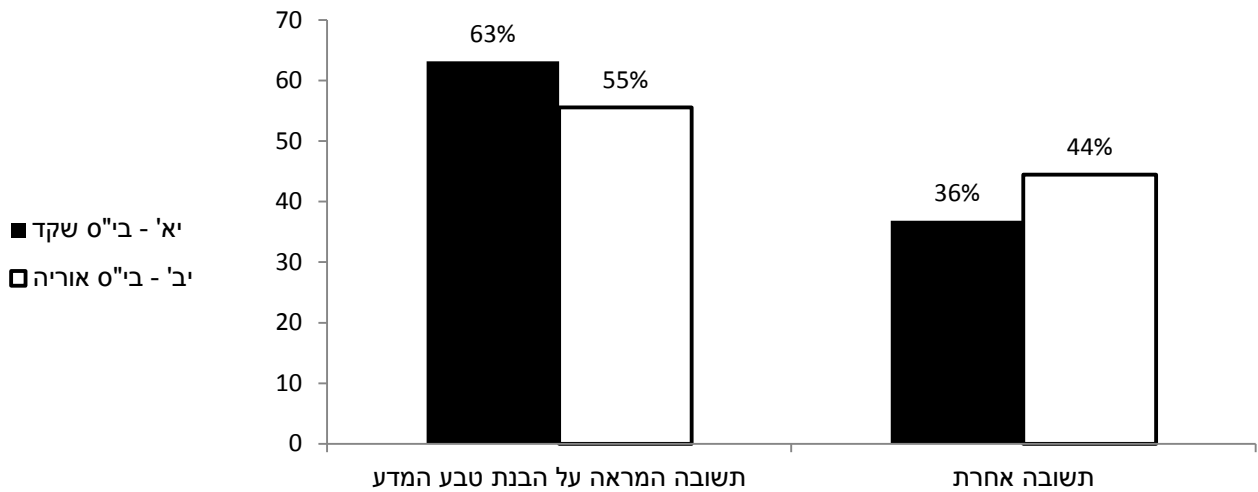
השאלון שהועבר בשתי הכיתות חושף הבדלי תפיסה והבנה במרבית המרכיבים שנבדקו. כך ניתן לראות בגרף 1 המתייחס לסיבה שמדעני העבר הבינו את חוקי הטבע באופן שונה ממה שהמדענים מבינים כיום – בעוד 73% מתיכון "שקד" ענו תשובה המראה על הבנה נכונה של NOS ("אנו יודעים עובדות שלא היו ידועות להם"), 66% מהכיתה המקבילה – שכאמור לא קיבלה חומרים לימודיים של HPS – ענו תשובות שאינן מעידות על הבנת טבע המדע (למשל "הם השתמשו בכלים פשוטים ולא מתוחכמים" או "הם ביצעו ניסויים אחרים"). תמונה דומה התקבלה בשאלה הנוגעת להשפעות חברתיות-תרבותיות (גרף 3) שהוצגה לתלמידים על דרך השלילה, כלומר ש'אין למרכיבים אלו השפעה'; בכיתתי 63% לא הסכימו עם הטענה ("לא נכון, כי המדענים חיים בתוך מסגרת חברתית המשפיעה עליהם"), לעומת רק 36% מהכיתה של עמיתתי. מנגד כאשר תלמידי שתי הכיתות נשאלו כיצד הקהילה המדעית צריכה לנהוג עם תיאוריה שכבר התקבלה כ'נכונה', אחוז דומה של תלמידים גרס ש"יש לבחון אותה כל העת" – 63% בשקד, ו- 55% בכיתה ממקיף "אוריה" (ראה גרף 2).



גרף 1: בכיתת 'שקד' (N=19) 73% הראו כי הם מבינים שהסיבה להבנה שונה הקיימת כיום של הטבע, נעוצה בידע שהצטבר לאורך הדורות. זאת לעומת כיתת 'אוריה' (N=9), בה רק 33% הקיפו אותה תשובה.

תלמידים שענו (%)

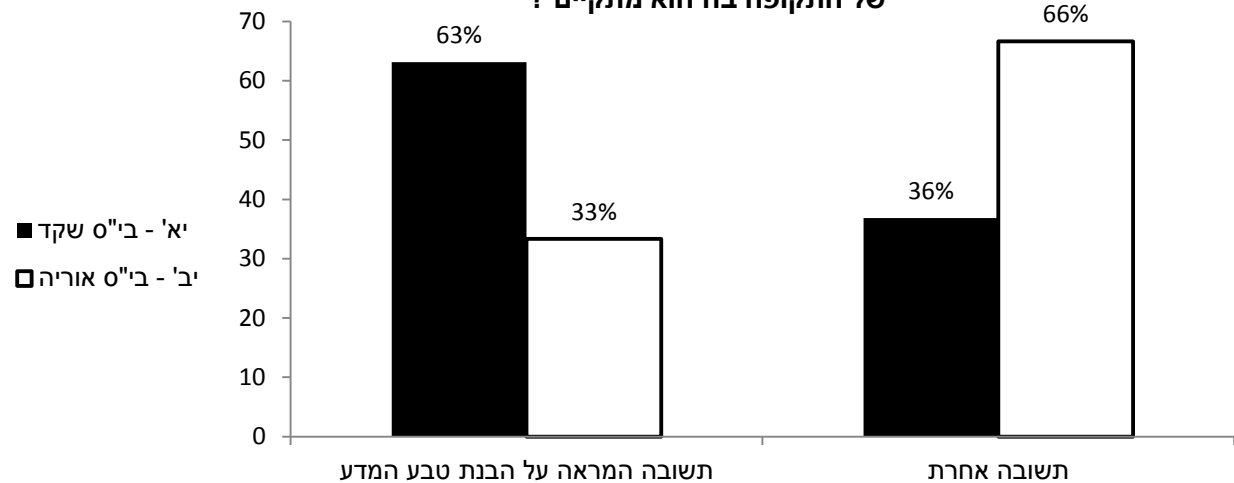
כיצד יש לבחון תיאוריה לאחר שהתקבלה כ"נכונה" בקהילה המדעית ?



גרף 2: בכיתת 'שקד' (N=19) 63% מהתלמידים סברו כי יש לבחון תיאוריה מדעית כל הזמן, גם לאחר שהתקבלה על-ידי הקהילה. אחוז דומה של תלמידים – 55% - מהכיתה (N=9) בביה"ס 'אוריה' הבין באופן דומה ונכון את כיצד יש לעבוד עם תיאוריה הנחשבת ל"נכונה" במדע.

תלמידים שענו (%)

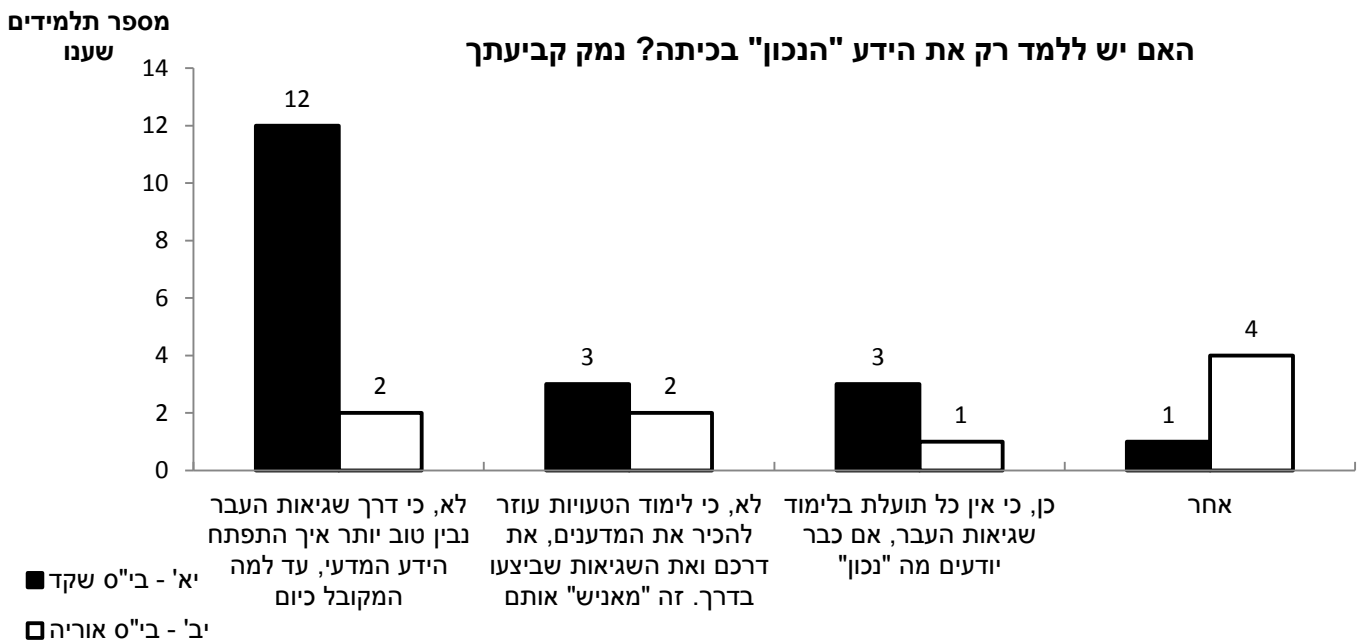
האם אתה מסכים כי המדע אינו מושפע מהחברה ומהשלטון של התקופה בה הוא מתקיים ?



גרף 3: כמעט שני-שליש (63%) מתלמידי הכיתה שלמדו ביולוגיה תוך שימוש בפרקטיקה של HPS הבינו שלחברה ולשלטון יש השפעות על המדע המתקיים בגבולותיהן. זאת לעומת שלישי (33%) בלבד שסבר כך מהכיתה שלא קיבלה שיעורים המתארים אירועים היסטוריים בהתפתחות הידע המדעי.

### 3.2 שאלות עמדה על טבע המדע והוראתו

כדי לקבל הבנה מעמיקה יותר שלי כמורה על השפעות דרך הוראתי (לימוד הביולוגיה תוך שימוש בפרקטיקה של HPS), הכללתי בשאלון גם שאלה המבקשת מהתלמידים להביע את עמדתם בנוגע לגישה הגורסת כי יש ללמד רק את הידע המקובל כיום, או כפי שהוא מכונה בעבודתי "הידע הנכון". 15 מתוך 19 תלמידי הכיתה שלי (79% בקירוב) ענו תשובות המעידות על הצורך והחשיבות בלימוד שגיאות העבר של המדענים מתקופות קודמות. מעניין לציין כי הנימוקים לכך היו מגוונים (ראה גרף 4): החל מהיתרון להבנת התיאוריה המקובלת דרך היכרות עם תיאוריות שגויות מהעבר, המשך בעניין להכיר כיצד התפתח הידע המדעי, ואף הרצון לראות במדענים "בני אנוש" ולא "בני אלים". למעשה באמצעות ההיכרות עם דרכי העבודה, הביוגרפיה האישית ושיטת הגילוי שהשתמשו המדענים, התלמידים מבינים יותר ויותר כי 'הענקים' עליהם אנו נשענים עד היום היו אחרי הכל בשר ודם. יותר מחצי מהכיתה המקבילה שקיבלה כאמור שאלה זהה, חשבה שאין ממש תועלת בלימוד שגיאות העבר, אם אנו יודעים כיום כבר מה "נכון". תלמידים אלו ביטאו במידה מסוימת מוטיבציה ללמידה שמקורה רק באפקטיביות ובתרומת הידע המועבר בשיעור, עבור בחינת הבגרות. כאן ראוי לצטט את Brush (1989) שהראה

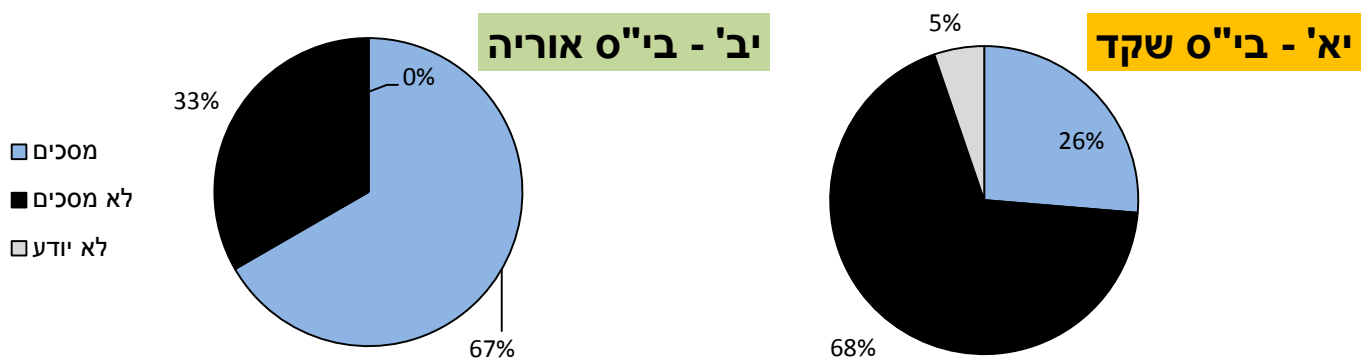


גרף 4: בכיתה אותה למדתי ביולוגיה במשך שנתיים, תוך שימוש ב-HPS, כמעט 80% מהתלמידים רואים חשיבות בלימוד והיכרות עם הידע "הלא נכון" – כיצד התגלה, במה עזר לתגליות והתובנות שהתפתחו מאוחר יותר, והקשר בין המדען המסוים לתגלית שהוא חשף. בכיתה המקבילה מביה"ס 'אוריה' רק 44% סברו באופן דומה.

כי הפעילות המדעית מהעבר מוצגת לרוב באופן דיכוטומי של "נכון" (תרם להתקדמות המדע) ו- "לא נכון" (בלם את התקדמות המדע), וכל זאת כאמור לאור הידע הנוכחי שנחשב כ"נכון". Whitaker (1979) טען עשר שנים קודם כי ייצוג זה נושא אופי סמנטי בלבד, והדבר מוביל לנתק בין חלק אחד של המציאות המדעית (תגלית-רעיון-מודל-תיאוריה) הכלול בחומר הלימוד, והחלק המשלים (תהליכים-השקפות-רעיונות-שיקולים), המהווה תווך אינטלקטואלי, טכנולוגי וחברתי, בתוכו התרחשה הפעילות המדעית הספציפית. הוא סבר כי חשיפת תהליך ההתפתחות של רעיונות מרכזיים בהבנת תופעות טבע עיקריות יתרום להכרת הפן התהליכי של המדע, ולא רק הפן העובדתי שלו. הכרות עם גורמים אנושיים, חברתיים, פוליטיים ואתיים המשפיעים על עבודת המדען, תקדם את מידת העניין והמוטיבציה בעיקר אצל תלמידים בעלי נטייה "הומניסטית". מבחינה זו הכיתה אותה אני לימדתי הביעה עניין ורצון להכיר וללמוד על התהליכים ההתפתחותיים, לצד הצדדים ההומניים שליוו את הגילויים המדעיים, באמצעות הוראה המדגישה את ה"ידע" הלא נכון אשר היווה חלק בלתי נפרד מהצטברות ה"ידע" הנכון.

שאלונים לבדיקת הבנת 'טבע המדע' בודקים בין היתר את הערכת התלמידים אודות מקומו של המדען בעבר לעומת מקבלו בהווה. בשאלון שהועבר בשתי הכיתות, הוצגה שאלה המתייחסת ל"חכמת" המדענים היום ביחס למדענים בהיסטוריה.

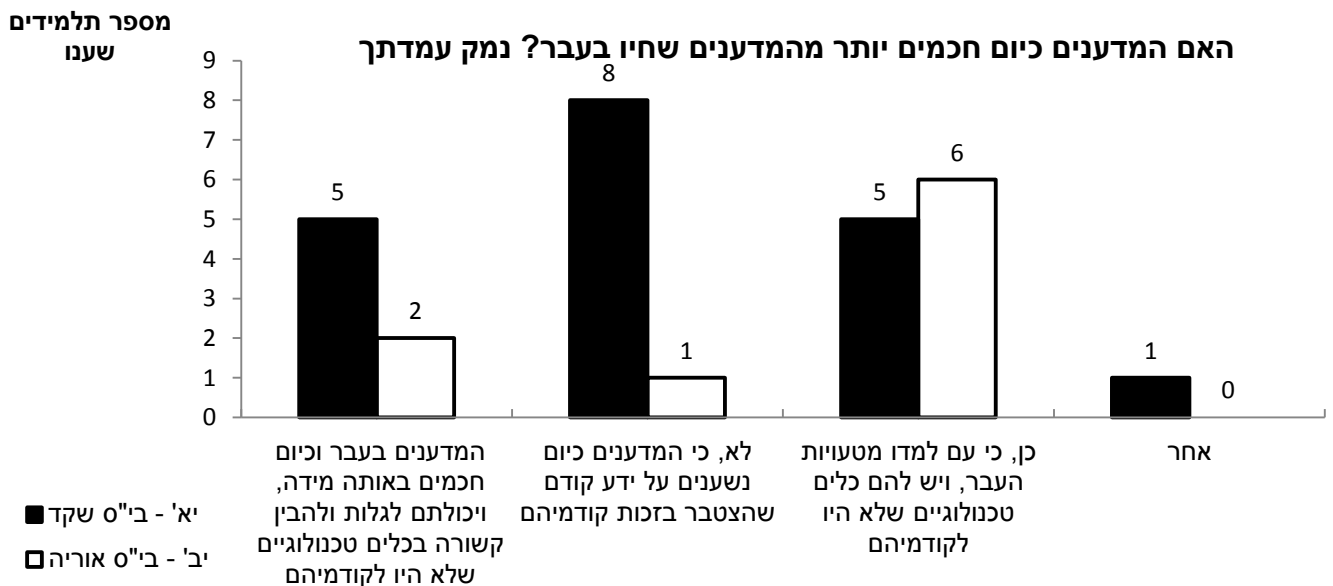
## האם המדענים היום "חכמים" יותר לעומת מקביליהם בעבר



גרף 5: השוואה בין שתי התפיסות השולטות בכל כיתה – בי'א' 'שקד' מרבית התלמידים (68%) אינם מסכימים עם הקביעה שהמדענים כיום "חכמים" יותר מעמיתיהם בעבר. זאת לעומת יב' 'אוריה' שהיחס שם הפוך עם שני-שליש (67%) מהתלמידים אשר סבורים שמדעני העבר נפלו בחכמתם ממקביליהם בהווה.

גרף 5 מראה באופן ברור כי מרבית המשתתפים (67%) בכיתה שלא נחשפה ל-HPS סבורים שהמדענים כיום זכו למנת משכל גבוהה יותר מהמדענים שחיו בתקופות קודמות. באופן הפוך בדיוק התקיים היחס בכיתה ב'שקד' שלמדה על התפתחות המדע מבחינה היסטורית. גרף 6 מפרט את הנימוקים לעמדה הזו, וניתן לראות שב-יא' שקד התלמידים מנפקים הסברים עמוקים לטענתם שאין הבדל בחכמת

המדענים. כך למשל, שמונה גרסו בניסוחים דומים כי "המדענים כיום נשענים על ידע קודם, שהתקבל ממחקרים שביצעו קודמיהם". חמישה אחרים נימקו את עמדתם ב-"יכולת המדענים כיום להגיע לגילויים מתקדמים, בכלים הטכנולוגיים שלא היו לקודמיהם". ממצאים אלו מתיישבים עם ספרות התומכת בשימוש HPS ככלי להבנה טובה יותר של התפתחות הידע המדעי. כאמור טנטטיביות הידע המדעי מתבטאת בין היתר ביכולתו להשתנות לאור גילויים ותצפיות חדשות, לצד ההתפתחות הטכנולוגית (מתוך דוקטורט של דינה). בהתאם הבנה של היבט זה תתבטא ביכולת התלמיד לזהות או לנסח רעיונות המתכתבים עם הגדרה זו. ואכן מרבית הכיתה – 13 מתוך 18 (תלמיד אחד לא נכנס לאף קטגוריה) הביעו הבנה טובה של אפקט הידע המצטבר והכלים הטכנולוגיים על יכולת המדענים כיום להגיע לתובנות מדויקות יותר לגבי עולם הטבע, ולא-דווקא בהיותם "חכמים" מקודמיהם.



גרף 6: הנימוקים העיקריים שהופיעו בשתי הכיתות כלפי השאלה 'האם המדענים כיום חכמים מקודמיהם?'. ניתן לראות שב-'שקד' התלמידים לא מייחסים חכמת יתר למדעני ההווה תוך מתן נימוקים בעלי משקל. זאת לעומת התלמידים ב-'אוריה' שדווקא מתרשמים שהחוקרים של היום ניחנו בחכמה גבוהה יותר.

בכל הנוגע לתרומת הטכנולוגיה לקידום המדע, שתי הכיתות היו תמימות דעים, כאשר בשתייהן התלמידים היו חד-משמעיים שאכן התקדמות הטכנולוגיה מהווה כלי שרת בידי המדענים לחשיפת צפונות וחוקי הטבע, כפי שלא היה בעבר. גרף 7 מדגים מגמה זו בצורה נאמנה, כאשר רק תלמיד אחד מתוך 28 התלמידים שהשתתפו במחקר ענה בצורה הפוכה.

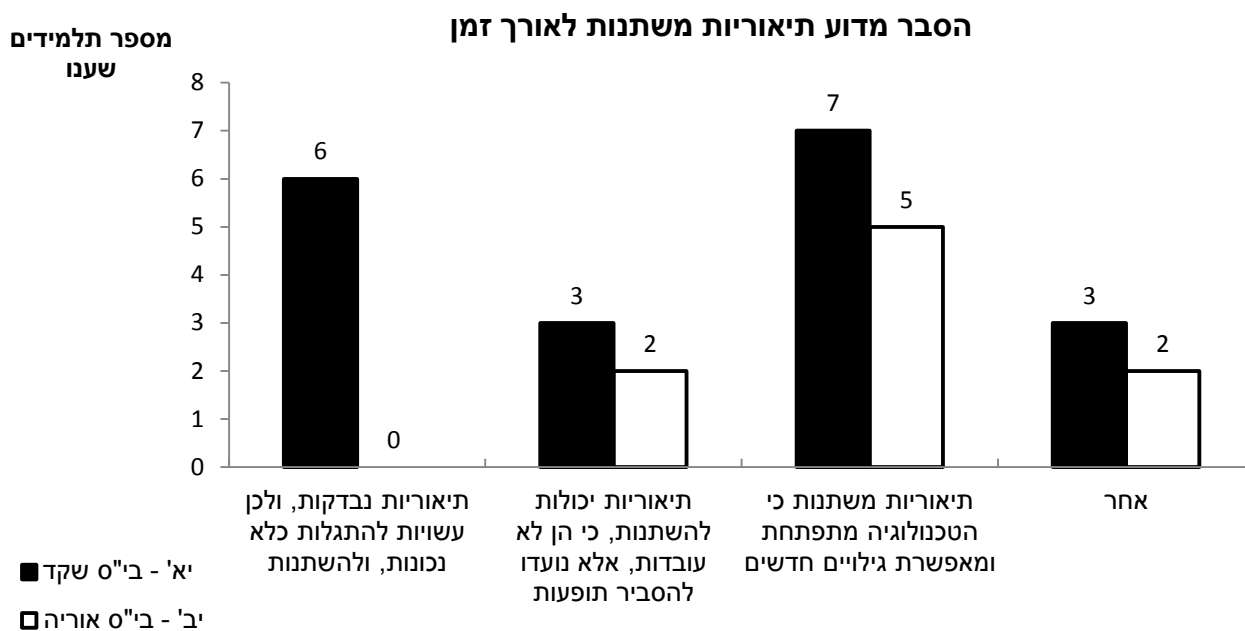
מספר תלמידים  
שענו

### האם המצאות טכנולוגיות יכולות לקדם את הידע המדעי? נמק עמדתך



גרף 7: רוב מוחלט של תלמידי שתי הכיתות טוען כי ניתן לגלות ולחקור בצורה טובה יותר בכל תחומי המדע, בזכות המצאות טכנולוגיות שהכניסו למעבדה ולשדה מכשור המאפשר לראות ולשמע את מושאי המחקר כפי שלא היה ניתן בעבר. בשאלה זו לא הייתה מחלוקת, כלומר לא נראה הבדל בין כיתה שקיבלה הוראה הנתמכת ב-HPS לעומת כיתה שלמדה מדעים ללא שימוש בכלי זה.

מעניין להשוות את תוצאות השאלה המוצגת בגרף 7 לעומת שאר השאלות שהושאו בין שתי הכיתות. זו למעשה הסוגיה היחידה שהייתה בה את ההסכמה הרחבה ביותר בין כלל התלמידים. האם ייתכן שהדבר נובע מהשפעתה הכבדה של הטכנולוגיה על חיי הנוער בימינו (פלאפונים, מחשבים, טלוויזיה), עד כדי שכבר אין אבחנה בין מדע וטכנולוגיה – מי משרת את מי, ומה מהותו של כל אחד מתחומי הענק האלו. בעניין זה ראוי לצטט את קייסי, הטוען שכיום מדע וטכנולוגיה נתפסים כבלתי ניתנים להפרדה (Casey, 1992). ואכן, תלמידים מתבלבלים בין המושגים "מדע" ו-"טכנולוגיה", וסבורים כי טכנולוגיה היא מדע יישומי (Aikenhead, & Ryan, 1992). יחד עם זאת, הם אינם אותו דבר, כאשר "שאיפתו" של המדע הינה להבין את טבע העולם, בעוד "שאיפתה" של הטכנולוגיה הינה ליצור יישומים בעולם עבור תועלת וצרכי האדם (Dugger, 1994).

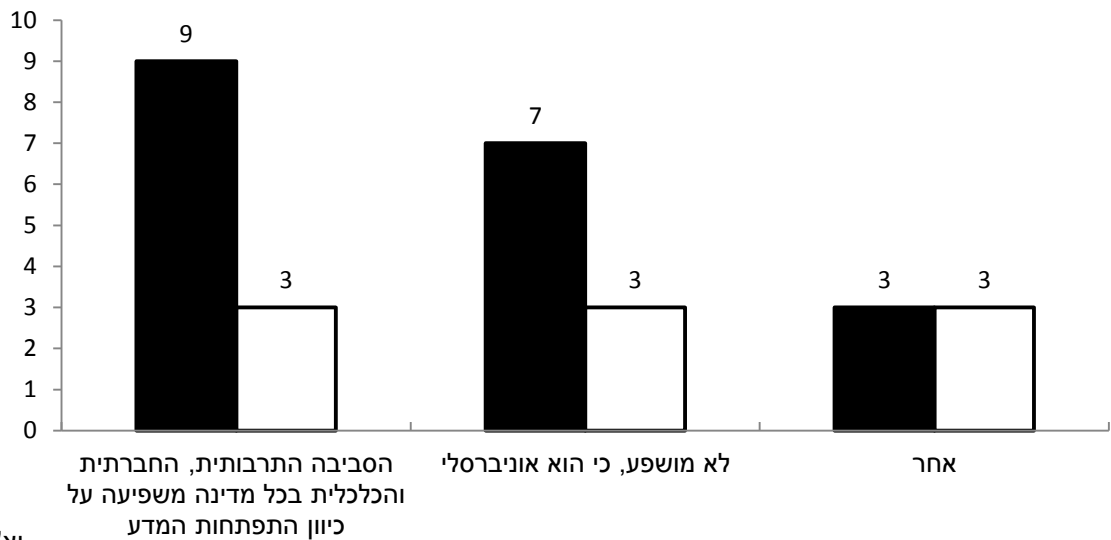


גרף 8: מובא כאן סיכום התשובות העיקריות שניתנו כגורמים לאופי הטנטטיבי של תיאוריות מדעיות.

השאלה המוצגת בגרף 8, אודות הסיבות להשתנות של תיאוריות מדעיות לאורך זמן הציבה בפני התלמידים סוגיה מורכבת, בה נדרשו לנמק – בהנחה שמסכימים – מה באופיין של תיאוריות מדעיות מזמן טנטטיביות. 16 מתוך 19 תלמידי 'שקד' הסכימו וסיפקו הסבר המראה על הבנה טובה של סוגיה פילוסופית זו. מנגד אף אחד מתלמידי 'אוריה' כלל לא התייחס לעובדה ש'תיאוריות נבדקות ומכאן מתגלות כלא נכונות'. יתרה מזאת, מרבית תלמידי הכיתה שלא נחשפה ל-HPS, נימקו את השתנות התיאוריות בכך שהטכנולוגיה מתפתחת ומאפשרת גילויים חדשים. מעניין לציין, כי הדבר עומד בקנה אחד עם התפיסה של אותם תלמידים כי 'המדענים כיום "חכמים" יותר, מאחר ויש להם כלים טכנולוגיים שלא היו למדענים בעבר' (ראה גרף 6). הדבר מתחזק גם מול העמדה החד-משמעית ש'הטכנולוגיה מקדמת את הידע המדעי' (ראה גרף 7). אם מסכימים את המידע העולה מגרפים 6-8, ניכר כי הכיתה של אודליה, נותנת משקל רב לטכנולוגיה ביכולתה להשפיע על המדע, ולשנות אותו. הטכנולוגיה מהווה מרכיב מרכזי וחוזר אצל תלמידים אלו, לעומת תלמידי שקד, שייחסו לגורמים נוספים את טנטטיביות הידע המדעי, ואת ההבנה המתפתחת אצל המדענים לאורך ההיסטוריה של המדע. זהו הבדל משמעותי וראוי להדגשה, שכן ייתכן ושימוש בפרקטיקה של HPS הביא לכך שהתלמידים ב'שקד' מבינים ורואים את התפתחות הידע המדעי באופן רחב ומורכב יותר, או במילים אחרות באמצעות למידת ההיסטוריה והפילוסופיה של המדע, התלמידים מפתחים הבנה מעמיקה וטובה יותר של 'טבע המדע'.

מספר תלמידים  
שענו

### הבע עמדתך לטענה כי המדע מושפע מהסביבה החברתית-תרבותית בה מתקיים



■ יא' - בי"ס שקד

□ יב' - בי"ס אוריה

גרף 9: סיכום התשובות לשאלה 'כיצד המדע מושפע מהסביבה החברתית-תרבותית'. ניתנה גם האפשרות לתלמידים הסבורים שהמדע אינו משפיע לנמק זאת

עבודה זו ביקשה להתחקות אחר תפיסות התלמידים בנוגע לשני היבטים ב'טבע המדע' – האחד, נוגע לאופיו הטנטטיבי של הידע המדעי, והשני מתייחס לכך שהידע המדעי מושפע בהתפתחותו מגורמים חברתיים-תרבותיים. לגבי ההיבט הראשון, גרפים 1, ו-8 מראים כי ישנם הבדלים משמעותיים בהבנת NOS, לטובת אלו שעברו שיעורים העושים שימוש בפרקטיקה של HPS, לבין אלו אשר למדו ביולוגיה ללא כל התייחסות לאופן בו תובנות המדענים על "החיים" הלכו והתפתחו. לגבי ההיבט השני, גרף מספר 9 מתאר את חלוקת תשובות התלמידים על הטענה המובאת בראשו. רק שליש מהכיתה של אודליה מראה הבנה כי המדע מושפע מהסביבה החברתית-תרבותית. זאת בעוד שמחצית מהקבוצה שנחשפה לתכנים היסטוריים ופילוסופיים של המדע, מבינה שהגורמים שהוזכרו לעיל אכן מהווים מרכיב משמעותי בכיוון ובאופי התפתחות הידע המדעי. לצד זאת, מעניין ששבעה תלמידים מהכיתה הזו סבורים שהידע המדעי אינו מושפע מסביבתו החברתית-תרבותית, מאחר והוא אוניברסלי. נראה שתלמידים אלו עושים בלבול בין 'חוקי הטבע' שאכן הינם אובייקטיביים, אוניברסליים ואינם תלויים בפעילות האדם, לבין 'הידע המדעי' הנחשף אט-אט כתוצאה מעבודת חקירה מאומצת שאכן תלויה בעניין ציבורי ואישי, משאבים כלכליים, וסביבה פוליטית המקיפה את המדענים העושים במלאכה.

### 3.4 ניתוח המצגות

לכל אחד משלושת מערכי השיעור שליוו את המחקר יצרתי מצגת שקופיות המערבות ידע תוכני למחברת, שאלות לדין, אנימציות, סרטונים ועוד. בעבודה זו הצגתי שתי מצגות – האחת על "ההיסטוריה של התפתחות תיאורית התא" (ראה סעיף 2.4.1, עמודים 16-17 בעבודה זו), והשנייה על "המסע לגילוי מבנה החומר התורשתי – DNA".

במצגת של התפתחות תיאורית התא הושם דגש על ההיבט הטנטטיבי והחברתי-תרבותי, כאשר השקופיות סוקרות מבחינה כרונולוגית את ההיסטוריה של התקדמות הידע האנושי שהביא לניסוח התיאוריה. המצגת מראה כיצד הידע המדעי הולך ומצטבר מחד, אך הולך ומשתנה לאור ניסויים ותובנות חדשות אליהן מגיעים המדענים. לצד סיכום כתוב של נקודות ציון בדרך לתובנות על קיום התאים, המצגת מביאה שקופיות המכילות תמונות היסטוריות מתוך הניסויים שביצעו המדענים של הימים ההם. לקראת סופה מובא סרטון אנימציה המסכם את התהליך בראייה תרבותית-חברתית מהמצאת המיקרוסקופ, גילוי התאים הראשונים, מאבקי הקרדיט בין המדענים ועד ניסוח תיאורית התא. המצגת מסתיימת בניסויים שביצע לואי פסטר לשיפור הבנת האדם כיצד נוצרים חיים – באופן ספונטני או מתוך אורגניזם חי אחר.

המצגת של גילוי החומר התורשתי "לוקחת" את התלמידים למסע לאורך הניסויים הגדולים שהביאו את המדענים להבנה כי נשא החומר התורשתי בתאים, בתוך גרעיניהם הוא מולקולת הדנ"א. השקופיות מכוונות לתהליך החקר המדעי מהתבוננות בתופעה, העלאת שאלות מחקר הנוגעות לתופעה, והניסויים ש'צמחו' מתוך השאלות במטרה להגיע לתשובה. כאן הדגש הוא על ההיבט האמפירי ב'טבע המדע', אך גם ההיבט של זמניות הידע המדעי "הנכון", באה לידי ביטוי כאשר מודגש "התהליך" בו הידע מתעצב ומתפתח, תוך זניחת ושליטת תפיסות קודמות. הניסויים מוצגים בהסברים, בתמונות ובאנימציות כדי לאפשר לתלמידים להבין – לפחות חלקית – תהליכים מולקולאריים מופשטים. המצגת מסתיימת בהפניה להרצאה של זוכה פרס נובל ג'ימס וואטסון על גילוי מבנה מולקולת הדנ"א יחד עם פרנסיס קריק ורוזלין פרנקלין. ההרצאה מביאה את הצד האנושי של הגילוי, לצד השפעות חברתיות שהובילו את וואטסון וקריק להיות כה שאפתנים בדרך לגילוי הפתרון לאחת מהשאלות הגדולות שנשאלו אי-פעם בביולוגיה.

### 4.1 הרציונל לבחירת הנושא

בסיום שנה א' של תכנית רוטשילד-וייצמן כתבתי דו"ח על "מחקר" שביצעתי באחת מכיתות התיכון (יא' של תשע"ה), במסגרת אותו הקורס שנכתבה עבודה זו. וכך כתבתי על התכניות שלי להמשך הקורס בשנה ב', בה יהיה עליי לבצע מחקר מקיף במסגרת עבודת הגמר שלי לקבלת התואר:

"...אינני מתעתד להמשיך לעסוק באותה שאלה של שימוש בסימולציה להוראת הדוגמה המרכזית. בשלוש השנים האחרונות אני מלמד בתיכון אנתרופוסופי עם תפיסה שונה של הוראת המדעים. וכך לצד הוראת הביולוגיה לבגרות, אני מלמד באופן שונה מהמקובל, הן מההיבט של תוכן ואופי השיעור, והן מבחינת חלוקת השעות השנתית – המדעים נעשים ב"תקופות" מרוכזות של מספר שבועות כל יום שעתיים, ומבחינות רבות נוספות שהיריעה קצרה מלהכיל. הייתי שמח לחקור משהו בהקשר הזה, אך הבעיה היא שההגדרות הן לחקור משהו שיש לו קשר לתכנית הלימודים. מעבר לכך, צריך רקע ספרותי אקדמי, ואינני בטוח כמה מחקרים אקדמיים בוצעו על הוראת המדעים בחינוך האנתרופוסופי. לכן, אם לא אצליח ליצור – בהקשר לפסקה לעיל – שאלת מחקר ממוקדת הניתנת לביצוע מבחינת כל ההיבטים והמגבלות, אשמח לנסות לחקור שאלה הקשורה באחד התחומים הבאים: "טבע המדע" או "היסטוריה ופילוסופיה של המדע". גם כאן עדיין יש לברר מהי השאלה, ואיזה פרקטיקה בדיוק אחקור".

לשמחתי, בעזרתה של מנחת הקורס, דר' ענבל פלאש-גוילי הצלחתי לנסח שאלת מחקר המשלבת בין שני התחומים הכתובים מעלה – NOS ו-HPS. הרצון שלי לחקור את התחומים האלו נבע בראש ובראשונה מעצם העובדה שאני עושה שימוש בפרקטיקה של 'היסטוריה ופילוסופיה של המדע' באופן תדיר ושגרתי אצלי בכיתה. כל זאת לצד עניין אישי גדול בפילוסופיה בכלל, ובפרט של הוראת המדעים (את הצורך הזה מספק העיסוק ב'טבע המדינה'). לאורך התהליך הבנתי שאחד התוצרים שחשוב לי לצאת איתם מהתהליך של כתיבת העבודה, הוא ניסוח מפורש נתמך ספרות של הפרקטיקה הזו. המוטיבציה העיקרית שלי לכך הייתה לפתח לעצמי כלים יותר מוגדרים ומאורגנים של שיטת הוראה זו, לצד היכולת "לעמוד" בצורה יותר בטוחה וברורה מאחורי תחומי העניין והבחירות האינטואיטיביות שלי כמורה.

אוסף ואומר, כי החוויה שלי מהתלמידים היא עניין רב בצד הסיפורי (לעיתים אף רכילותי) של הגילוי או של האדם העומד מאחורי פריצת הדרך המדעית. דווקא מאחר ואני מלמד בכיתות מאד הטרוגניות הן במגמה והן בכיתות האם את 'תקופות המדעים', ישנה חשיבות בעיניי להביא את המדעים בצורה הרחבה ביותר, או כפי

שהוזכר במבוא, בפן ההומני שלהם עבור אותם תלמידים עם נטייה הומניסטית יותר. יתר-על-כן, לימוד של HPS יוצר אצל התלמידים חוויה עשירה יותר, המציגה את מורכבותו של התפתחות הידע המדעי, וכך לפי התרשמותי נוצרת להם תמונת עולם מלאה יותר, שאינה מתעלמת מגורמים רבים המשפיעים על המקום בו נמצא המדע כיום. וכל זאת במקום שינון של "השורה התחתונה" – לימוד אשר משטח ואף מרמה בהצגתו את החוק / נוסחה כאילו תמיד היו ושכבו שם בהמתנה שמישהו ירים אותם.

#### 4.2 אופן בניית רצף ההוראה וההערכה

מאחר וכאמור אני מלמד באמצעות הפרקטיקה הנחקרת בין כה וכה, רצף ההוראה נבנה תוך כדי תנועה, כאשר במהלך השנה הבנתי יחד עם המנחה לאיזה כיוון כדאי לפנות מבחינת סוג המחקר ('מחקר פעולה' או 'מחקר מקרה משווה'), ומהם כלי ההערכה המתאימים לאור העובדה שלא ניתן לעשות מבדק מוקדם לפני ההתערבות. עקב הבחירה בסוג מחקר של "מקרה משווה", אשר שונה ממה שנלמד בקורס – "מחקר פעולה" – לא בא לידי ביטוי ידע הקשור לפרקטיקת המחקר הנבחרת. עם זאת, העבודה לאורך השנתיים בקורסים של הוראת המדעים הפגישה אותי עם תיאוריות למידה שונות, פרקטיקות הוראה ותוצרי למידה מגוונים, אשר פתחו ופיתחו אצלי את המחשבה, גם אם בפועל לא עשיתם בהם שימוש. תיאורית הלמידה שליוותה אותי לאורך כל הדרך היא קונסטרוקטיביזם אשר היוותה עבורי הפלטפורמה התיאורטית ליישום פרקטיקת ההוראה (HPS) וכתובת העבודה.

עבור גיבוש נושא המחקר ויצירת תבנית העבודה, נעזרתי בשני מומחים בתחום של 'טבע המדע' – הראשון היה דר' אמנון חזן אשר הקדיש את עבודת הדוקטורט שלו לחקירת 'השפעת שימוש בהיסטוריה של האופטיקה על עמדות תלמידי תיכון אל שיעורי פיזיקה' (Galili & Hazan, 2001), ואיפשר לי אגב-כך גישה לרקע ספרותי רחב מאד שהייתי מתקשה להגיע אליו ללא נדיבותו. בנוסף דר' חזן פתח בפניי באמצעות שני ספרים שכתב – "אופטיקה בגישה תרבותית רחבה" (גלילי & חזן, 2004) הבנה מעמיקה על הפוטנציאל הגלום בשימוש בפרקטיקה של HPS. המומחה השני שסייע בידיי לדייק את ההתייחסות להיבטים שונים ב'טבע המדע', הייתה דר' דינה ציבולסקי, שעשתה את עבודת הדוקטורט שלה על 'השפעת ביקורים במעבדות חקר על עמדות תלמידים כלפי מדע, ועל הבנתם את היבטים שונים של טבע המדע' (ציבולסקי, 2012). בתחילת גיבוש שאלת המחקר הסתייעתי בדר' ציבולסקי למקד את השאלה להיבטים מסוימים בתוך התחום הענק של NOS, ועזרה זו היוותה הלכה למעשה תשתית מאד משמעותית להמשך כל המחקר שלי. לצד זה, הדוקטורט של ציבולסקי קידם מאד את הרקע הספרותי הנוגע ל'טבע המדע'.

במהלך השנה אספתי חומרים רבים עבור הערכת ההוראה שלי – כך בין היתר, הקלטתי שיעורים, אספתי שאלות שנכתבו במחברת, כמו-גם את חומרי ההוראה שלי (מצגות, סרטונים, סימולציות וכו'), והכלי המרכזי היה כאמור שאלון בשתי כיתות מגמת ביולוגיה משני בתי ספר שונים.

### 4.3 מה אקח איתי להמשך עבודתי כמורה

מטרת העל שהצבתי הייתה לשפר את עצמי כמורה, וזאת על ידי התבוננות רפלקטיבית בהוראה שלי בכיתה. 'מחקר פעולה' או במקרה הנוכחי 'מחקר מקרה משווה' בכיתה מניח בפני החוקר-מורה הזדמנות להתחקות אחר מהלכי הוראה שבוצעו על ידו, ודרכם להבין טוב יותר מה לשמר ומה לשפר.

לתפיסתי ומתוך ניסיוני בכיתה יש צורך ככל הניתן לקשור בין המדע התיאורטי שמלמדים כאילו הוא אמת צרופה, לבין התנסויות מוחשיות והיכרות מקיפה עם הרקע האמפירי / תיאורטי / תרבותי / חברתי שהיווה בסיס לתבונת אליהן הגיעו המדענים. ניתוק הקשר הזה גורם לתלמידים לראות את המדע כמעין קופסא שחורה השייכת רק ליחידי סגולה עם יכולות כישוף. במובן הזה לימוד בלבד של הידע המדעי המקובל כיום, לרוב מחזק את התפיסה הזו, שכן מדובר בעובדות אמורפיות, וכמעט הייתי מכנה אותן מנקודת המבט של ההדיוט "מעשייה נחמדה". רק הסיפור ההיסטורי של התגלית, הביוגרפיה של האדם, הניסוי המוכיח את הטענה יוכלו להוריד אל הארץ את מה שנראה לעיתים כמגרש המשחקים של האלים. תלמידים רושמים במחברת כמעט "על אוטומט" כל דבר שהמורה אומר להם, לרוב ללא ביקורתיות או עיבוד משמעותי של הנרשם. דיון, שאלות – של התלמידים או המורה – קריאה פעילה, התייחסות לתהליך, ולא רק לשורה התחתונה מזמנת לדעתי ליושב בשיעור הזדמנות לבצע למידה משמעותית. במובן הזה (מניסיוני) עיסוק ב-HPS, מאפשר בכיתה יצירת אוירת לימוד עמוקה ורצינית.

בסיכום התהליך הממושך שעברתי, אני מרגיש שהמחקר שביצעתי חיזק אצלי תפיסות ואינטואיציות קודמות לגבי מקומה וחשיבותה של חשיפת התלמידים ל'היסטוריה ולפילוסופיה של המדע' במגוון היבטים: בתהליך הלימוד בכיתה, ביצירת הבנה מעמיקה של התוכן הנלמד ובכלל זה הבנה של 'טבע המדע', בגיבוש עמדות חיוביות כלפי שיעורי המדעים, ואף הייתי מעז לומר בתהליך החינוכי שעובר הנוער במפגש עם התכנים שההיסטוריה האנושית מזמנת (דילמות אתיות, חברתיות, תרבותיות ואישיות). למשל: אמונה אישית מול יושר המדעי. מעבר לחקירת הפרקטיקה, העבודה הזו חידדה ושיפרה אותי כמורה, במובן הזה שנדרשתי להתבונן על עבודתי ולעשות לעצמי רפלקציה – ועל כל אלו ועוד נתונה תודתי!

- Abd-El-Khalick, F & ,Lederman, N' G .(2000) .'Improving science teachers 'conceptions of nature of science: A critical review of the literature .*International Journal of Science Education*.665-701 ,22 ,
- American Association for the Advancement of Science .(1989) .*Science for all Americans* . Washington, DC.
- Anderson, R' O .(2000) .'Domain specific and general dimensions of the NOS: Issues pertinent to assessment in science education .*Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching* .New Orleans, LA.
- Brush, S .(1989) .'History of Science and Science Education .*Interchange*.60-70 ,(2) 20 ,
- Bybee, R', Powell, J', Ellis, J', Giese, J', Parisi, L & ,Singelton .(1991) .'Integrating the History of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum .*Science Education*.143-155 ,(1) 75 עמ' ,
- Casey, T .(1992) .'Philosophy of technology: Its nature, genesis, and concerns .*Teaching about the history and nature of science: Background papers* .Colorado Springs: Biological Science Curriculum Study and Social Science Education Consortium.
- Conant, J .(1951) .'On Understanding Science: An Historical Approach .New York: New America Library.
- Driver, R', Learch, J', Millar, R & ,Scott, P .(1996) .'Young people's image of science .Bristol: Open University Press.
- Dugger, W' E .(1994) .'The relationship between technology, science, engineering, and mathematics .*The Technology Teacher*.5-8 ,(7) 53 ,
- Galili, I .(1996) .'Student's conceptual change in geometrical optics .*International Journal of Science Education*.847-868 ,(7) 18 ,
- Galili, I & ,Hazan, A .(2001) .'The Effect of a History-Based Course in Optics on Students ' Views about Science .*Science and Education*.7-32 ;10 ,
- Giese, J .(1992) .'The history and nature of technology .*Teaching about the history and nature of science: Background papers* .Colorado Springs: Biological Science Curriculum Study and Social Science Education Consortium.
- Hodson, D .(1991) .'The Role of Philosophy in Science Teaching .*History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings* .New-York: Teachers College Press.
- Khishfe, R & ,Lederman, N' G .(2006) .'Teaching nature of science within a controversial .*Journal of Research in Science Teaching*.395-418 ,43 ,
- Kloper, L .(1992) .'A historical perspective on the history and nature of science on school science programs .*Teaching about the history and nature of science: Background*

- papers*. Colorado Springs: Biological Science Curriculum Study and Social Science Education Consortium.
- Kuhn, D', Amsel, E & ,O'Loughlin, M .(1988) .'*The development of scientific thinking skills* . Orlando: Academic Press.
- Lederman, N .(1992) .'*Students' and Teachers' Conception of the Nature of Science: A Review of the Research* . *Journal of Research in Science Teaching*.331-359 ,(4) 29 ,
- Lederman, N & ,Abd-El-Khalick, F .(2001) .'*VNOS(B* .(*Science Education* .
- Lederman, N & ,O'malley, M .(1990) .'*Students' Perception of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change* .*Science Education*.225-239 ,(2) 74 ,
- Lederman, N & ,Ziedler, D .(1987) .'*Science Teachers' Conception of the Nature of Science: Do They Really Influence Teaching Behavior ?**Science Education*721- ,71 , .734
- Manuel, D .(1981) .'*Reflection on the Role of History and Philosophy of Science in School Science Education* .*School Science Review*.769-771 ,62 ,
- Matthews, M .(1994) .'*Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science* . *Routledge* .New-York.
- McComas, W', Almazora, H & ,Clough, M .(1998) .'*The Nature of science in Science Education: An Introduction* .*Science and Education*.511-532 ,7 ,
- Meichtry, Y .(1991) .'*The effect of the First Year Field Test BSCS Middle School Science Students' Understanding of the Nature os Science* .*Unpublished doctoral University of Cincinnati* .Cincinnati, OH.
- Ryan, A & ,Aikenhead, G .(1992) .'*Students' preconceptions about the epistemology of science* .*Science Education*.559-580 ,76 ,
- Sherratt, W .(אין תאריך) .'*History of Science in the Science Curriculum: a Historical Perspective. Part I: Early Interest and Roles Advocated* .*School Science Review* ,64 , .225-236
- Songer, N & ,Linn, M .(1991) .'*How Do Students' View of Science Influence Knowledge Integration ?**Journal of Research in Science Teaching*.762-784 ,28 ,
- Tamir, P .(1994) .'*Israeli Students' Conceptions of Science and Views about the Scientific Enterprise* .*Research in Science and Technological Education*.99-116 ,(2)12 ,
- Tobias, S .(1990) .'*They're Not Dumb, They're Different: Stalking the Second Tier* .*Research Council* .Tuscon, Arizona.
- Wheatley, G .(1991) .'*Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning* . *Science Education*.9-21 ,(1) 75 ,

Whitaker, M. (1979). 'History and Quasi-history in Physics Education - part 1'. *Physics Education*. 108-112, 14,

Yager, R., & Wick, J. (1966). Three emphases in teaching biology: A statistical comparison of results. *Journal of Research in Science Teaching*(4), 16-20.

גלילי, י', & חזן, א'. (2004). אופטיקה - תורת האור והראייה בגישה תרבותית רחבה. ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים - המרכז להוראת המדעים.

גרוס, ח', & עתידיה, י'. (תשס"א, 2000). התא - יחידת החיים. ירושלים: המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

ועדת מקצוע הביולוגיה. (2015). ביולוגיה: תכנית הלימודים לחטיבה העליונה בכל המגזרים, מהדורה מעודכנת. משרד החינוך המזכירות הפדגוגית לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים.

ציבולסקי, ד'. (2012). ההשפעה של ביקורים במעבדות מחקר אוניברסיטאיות על עמדות של התלמידים כלפי מדע ועל הבנתם את היבטים שונים של מהות המדע. ישראל.

## 5. נספחים

### 5.1 תכנית הלימודים

חלקים מתוך תכנית הלימודים לביולוגיה לחטיבה העליונה, 2015 (משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים):

### התפיסה הרעיונית

הביולוגיה היא מדע המושתת על ידע שהושג בדרך המחקר הניסויי והעיוני. הממצאים הנאספים על ידי החוקרים מוסברים ומפורשים על פי תיאוריות המקובלות באותו זמן. תיאוריות ביולוגיות, בהיותן תיאוריות מדעיות, נמצאות בתהליך מתמיד של בחינה והתפתחות המתחוללים בעקבות גילויים חדשים, המביאים לניסוח תיאוריות חדשות. התיאוריות מושפעות גם ממדעים אחרים, מטכנולוגיות חדשות ומתפיסות חברתיות, ובו בזמן משפיעות עליהם. במהלך ההוראה של התכנים יושם דגש על הבנת המדע כתהליך מחקרי, על התפתחות הרעיונות הביולוגיים ועל הבנת הקשרים שבין מדע, טכנולוגיה וחברה, כפי שמתואר להלן:

◆ **המדע כתהליך מחקרי:** במדע אין מקבלים שום הסבר כמובן מאליו, אלא שואלים שאלות ובוחרים כל שאלה בשיטות מבוקרות. זהו תהליך של מחקר מתמשך בו הידע שנבנה מתפתח ומשתנה כל הזמן. תהליך זה מעודד בין השאר דיון, מתן פרשנויות שונות והסברים נוספים למסקנות של המחקרים הקודמים.

◆ **ההיסטוריה של הרעיונות הביולוגיים:** ההיסטוריה של התפתחות הרעיונות הביולוגיים משקפת את התפתחות הידע הביולוגי לאורך הדורות. התפתחות זו משקפת את הממצאים השונים שהתקבלו במחקרים והפרשנויות שניתנו אשר היוו בסיס לגיבוש תיאוריות חדשות.

◆ **קשרים בין מדע טכנולוגיה וחברה:** קיימים קשרים בין מדע-טכנולוגיה-חברה הבאים לידי ביטוי בין השאר בפיתוחים טכנולוגיים ובהקשרים חקלאיים, סביבתיים, חברתיים וערכיים הנוגעים גם לחיי יום יום.

### מטרות התכנית

מטרות הוראת הביולוגיה כוללות בצד מטרות בתחום התכנים הדיסציפלינריים, גם מטרות בתחומי מהות המדע, פיתוח ערכים ופיתוח אסטרטגיות חשיבה ולמידה. בתכנון ובביצוע ההוראה המורה ישלב בין המטרות בתחומים השונים.

### א. הבנת מושגים, תופעות, תהליכים, עקרונות ורעיונות מרכזיים של

#### הביולוגיה

תושג באמצעות הדגשת:

- הרעיונות המרכזיים (שפורטו לעיל) שיבואו לידי ביטוי בכל אחת מרמות הארגון: מהרמה המולקולרית, הרמה התאית, רמת האורגניזם השלם ועד לרמת החברה בנושאי הלימוד השונים.

- התהליכים הגורמים לשוני הקיים בין היצורים החיים לפי התאוריות הביולוגיות המקובלות כיום.
- מבנה גופו של האדם ודרך תפקודו, כיצור מייצג את היצורים החיים וכבעל תכונות ייחודיות המאפיינות אותו.
- יחסי הגומלין הקיימים בטבע בכל רמות הארגון, תוך התייחסות להתערבות האדם בטבע ולאחריותו על הסביבה.
- העקרונות המדעיים שעליהם מבוסס יישום הידע הביולוגי בתחומי הרפואה, החקלאות, הטכנולוגיה, התעשייה ושמירת הסביבה.

## **ב. הבנת מהות המדע ודרכי יצירת הידע המדעי**

תושג באמצעות הדגשת :

- האופן שבו נבנה ומתפתח הידע המדעי (המחקר המדעי), תוך מודעות לאופי הזמני והלא מוחלט שלו.
- ערכי הספקנות והביקורתיות כעקרונות מנחים בהתייחסות לממצאים, למסקנות ולתיאוריות.
- דרכי עבודתם של חוקרים, היכולות והמגבלות של המדע בכלל ושל תחום הביולוגיה בפרט.
- דרכי הדיווח וחשיבות היושרה וההגינות המדעית בהצגת ממצאים.
- האירועים החשובים בתולדות הביולוגיה והבנת נקודות מפנה שהביאו להתפתחות הידע הביולוגי.
- הבנת המבנה ואופן הכתיבה של המאמר המדעי.

## **ג. הבנת הקשר מדע-טכנולוגיה-חברה**

תושג באמצעות הדגשת :

- יישומו של הידע הביולוגי לצורכי האדם והחברה, תוך הפעלת שיקולים הנוגעים בהיבטים מוסריים, חברתיים וכלכליים.

## 5.2 השאלון לבדיקת עמדות בנושאים הקשורים למדע

### שאלון עמדות בנושאים הקשורים למדע

התשובות לשאלון זה חשובות לצרכי מחקר, לכן אבקש למלא את השאלון תוך התייחסות רצינית ובוגרת. בשאלון זה אין תשובות נכונות או שגויות. חשובה רק עמדתך האישית. השאלון לא נועד לצורך מתן ציון.

1) לאחר שמדען פיתח תיאוריה (למשל, תיאורית התא, תיאורית האבולוציה), האם התיאוריה עשויה להשתנות אי-פעם?

אם אתה סבור שתיאוריות מדעיות אינן משתנות, הסבר מדוע? אם אתה סבור שתיאוריות מדעיות אינן משתנות הסבר מדוע הן משתנות לאורך זמן? נסה לגבות את תשובתך בדוגמא.

---

---

2) מדעני העבר הבינו את הטבע בצורה שונה מזו שמקובלת כיום. האם זה מפני ש:

א. הם השתמשו בכלים פשוטים ולא מתוחכמים.

ב. הם שגו, והמדענים של היום צודקים.

ג. הם ביצעו ניסויים אחרים.

ד. אנו יודעים עובדות שלא היו ידועות להם.

3) ישנם אנשים הטוענים שמדע מושפע מהסביבה החברתית והתרבותית בה הוא מתקיים. אחרים טוענים שהמדע הוא אוניברסלי. כלומר המדע הוא מעבר להיבטים לאומיים וגבולות תרבותיים, ובהתאם הוא אינו מושפע מהסביבה התרבותית בה הוא פועל.

אם אתה סבור כי המדע מושפע מהסביבה החברתית והתרבותית, הסבר מדוע. אם אתה סבור כי המדע הוא אוניברסלי הסבר מדוע. נסה לגבות את תשובתך בדוגמא.

---

---

4) האם בכיתה עלינו להסתפק בלימוד הידע ה"נכון" בלבד? כן / לא

מדוע?

---

---

5) האם המדענים היום חכמים יותר מאשר המדענים שחיו בעבר? כן / לא (הקף תשובתך)

באיזה מובן?

---

---

6) המצאות טכנולוגיות (כמו מכשיר מסוים) יכולות לתרום לקידום הידע המדעי.

א. אני מסכים, כי:

---

---

ב. אני לא מסכים, כי: \_\_\_\_\_

**7) כאשר תיאוריה מתקבלת כנכונה**

- א. אין צורך לבדוק אותה יותר
- ב. יש לבדוק אותה מדי-פעם
- ג. יש להשתמש בה עד שהיא נכשלת
- ד. יש לבחון אותה כל הזמן

**הסברי/י את תשובתך:** \_\_\_\_\_

**8) בעבודת המדען לא מעורבים גורמים זרים (כמו שיקולים אישיים, חברתיים או פוליטיים)**

א. מסכים, כי: \_\_\_\_\_

ב. לא מסכים, כי: \_\_\_\_\_

ג. תשובה אחרת: \_\_\_\_\_

**9) המדע אינו מושפע מהחברה ומהשלטון של התקופה בה מתקיים**

א. נכון, כי המדענים בדרך כלל מבודדים מיתר החברה

ב. נכון, כי המדענים עוסקים בתחום מדויק אובייקטיבי, ושיקולים חברתיים ופוליטיים אינם אובייקטיביים

ג. לא נכון, כי המדענים חיים בתוך מסגרת חברתית המשפיעה עליהם

ד. לא נכון, כי מרבית המדענים עובדים בשירות הממשלה, ועליהם למלא את הוראותיה

**10) האם חשוב שנלמד בכיתה על התיאוריות המוטעות ועל שגיאות המדענים בעבר? כן / לא מדוע?** \_\_\_\_\_

### 5.3 תוצאות גולמיות

כיתה שקיבלה הוראה הנתמכת ב-HPS

שאלות עמדה										אמריקאיות												מספר שאלון
10		8		6		5		4		9				7				2				
לא מסכים	מסכים	לא מסכים	מסכים	לא מסכים	מסכים	לא מסכים	מסכים	לא מסכים	מסכים	'ד'	'ג'	'ב'	'א'	'ד'	'ג'	'ב'	'א'	'ד'	'ג'	'ב'	'א'	
	1	1			1		1	1			1					1		1				1
	1	0	0		1	1		1			1					1		1				2
	1		1		1		1		1			1				1		1				3
	1		1		1	0	0	1					1	1				1				4
	1	1			1	1		1			1				1				1			5
	1	1			1	1		1			1			1				1				6
	1	0	0		1	1		1				1		1							1	7
1		1			1		1	1			1				1			1				8
	1		1		1	1		1				1		1				1				9
1			1	1			1	1			1					1		1				10
1		1			1	1			1		1			1				1				11
	1		1		1	1		1				1		1							1	12
	1	1			1	1			1		1			1							1	13
	1	1			1		1	1				1		1				1				14
	1		1		1	1		1			1			1				1				15
	1	1			1	1		1			1			1				1				16
	1	1			1	1		1			1					1		1				17
	1	1			1	1		1				1		1					1			18
	1		1		1	1		1			1			1				1				19
3	16	10	7	1	18	13	5	16	3	0	12	6	1	12	2	5	0	14	2	0	3	19
16%	84%	53%	37%	5%	95%	68%	26%	84%	16%	0%	63%	32%	5%	63%	11%	26%	0%	74%	11%	0%	16%	



## 5.4 דף עבודה בעקבות ניסוי הנבטת טבק (הורשה מנדלית)

### דף עבודה – גנטיקה מנדלית בצמחי טבק

#### הורשה בגן בודד

השיעור מבוסס על תוצאות הנבטת זרעי צמח הטבק, אשר בצעתם לפני מספר ימים.

בניסוי של הנבטת טבק, אנחנו מקיימים שיחזור חלקי של עבודתו של הנזיר גרגור מנדל. בדומה למחקריו של אבי התורשה, ההתבוננות בתוצאות ההכלאה – שבוצעה עבורנו – מאפשרות לגלות את היחסים בין שני אללים בגן הקובע את צבע העלים של הנבט.

#### צמח הטבק – רקע:

- האבקה עצמית: מקור תאי המין המתלכדים לזיגוטה, הוא מאותו הפרט. מתרחש כאשר באותו פרט קיימים הן איברי הרבייה הזכריים והן איברי הרבייה הנקביים.
  - האם בפרט המקיים האבקה עצמית, המטען הגנטי של הצאצאים (הזרעים) יהיה זהה לזה של צמח ההורה? נמקי!

---

---

- באיזה מסוגי האבקה – עצמית או זרה – השונות הגנטית אצל הצאצאים תהיה גדולה יותר? נמקי!

---

---

- הטבק הינו צמח חד שנתי בעל האבקה עצמית ופרי בצורת הלקט.
- בניסוי זה כל הזרעים נאספו מהלקט של צמח אחד.
- אנו נבדוק את ההתפצלות פנוטיפית של צבע העלים בנבטי טבק. לצבע עלי נבט הטבק קיימים שני פנוטיפים (מופעים) מוכרים – ירוק ולבן.

#### הניסוי שבוצע:

- קיבלתם זרעי טבק שמקורם מאותו צמח (הזרעים הם תוצר של האבקה עצמית).
- עם קיסם לח זרעתם 50 זרעים (5 שורות של 10 זרעים) בצלחת עם אגר (תחליף לקרקע).
- לאחר שבוע נבטו הזרעים, והתקבלו עלים ראשונים (פסיגים) של הצמח.

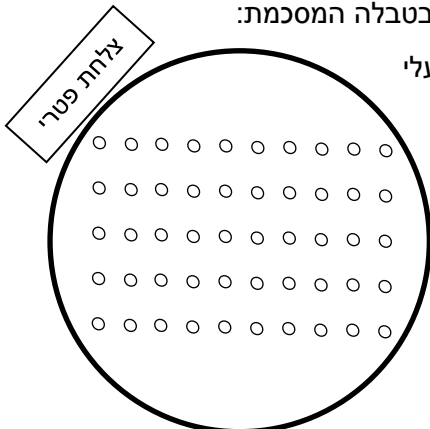
#### התוצאות:

א. בדקו את צבע העלים בצלחת. כמה פנוטיפים קיבלתם? \_\_\_\_\_

ב. ספרו את הנבטים מכל פנוטיפ, ורשמו את התוצאות אצלכם ועל הלוח בטבלה המסכמת:

בצלחת שלי נבטו סך הכל \_\_\_\_\_ זרעים. מתוכם \_\_\_\_\_ נבטים בעלי עלים ירוקים, ו \_\_\_\_\_ נבטים בעלי עלים לבנים.

- ג. לפניכם איור של "צלחת פטרי" ריקה. מלאו את העיגולים באמצעות שני צבעים באופן דומה לפיזור הנבטים בצלחת שקיבלתם. אם קיים זרע שלא נבט השאירו עיגול ריק.
- רשמו מקרא מתאים ליד האיור. בהתאם לצבע השולט בחרו אות שתסמל את שם הגן, ואת שני האללים.



מקרא:

ד. טבלה מסכמת של התוצאות אשר התקבלו בכיתה:

סה"כ	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
											ירוק ( )
											לבן ( )

ניתוח התוצאות:

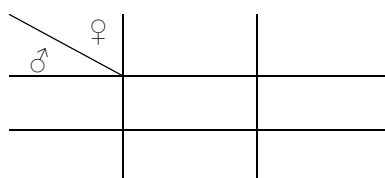
א. מלאו את טבלת שכיחות הגנוטיפים של הצאצאים, עבור כל אחת מההכלאות הבאות. בנוסף רשמו במלבן הסמוך לטבלה, את יחס הגנוטיפים והפנוטיפים הצפוי של הצאצאים עבור אותה הכלאה:

✓ יחס הגנוטיפים הצפוי: _____
✓ יחס הפנוטיפים הצפוי: _____



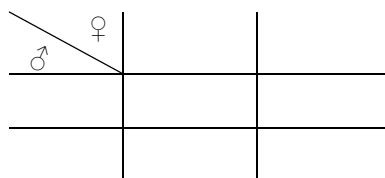
i. GG X gg

✓ יחס הגנוטיפים הצפוי: _____
✓ יחס הפנוטיפים הצפוי: _____



ii. Gg X gg

✓ יחס הגנוטיפים הצפוי: _____
✓ יחס הפנוטיפים הצפוי: _____



iii. Gg X Gg

ב. בהתאם לתוצאות הכלליות שהתקבלו בכיתה, והטבלאות שמילאתם בסעיף א' של ניתוח התוצאות, מה לדעתך הגנוטיפ והפנוטיפ של הצמח ממנו נלקחו הזרעים להנבטה? נמקי!

---



---



---

ג. מהם הגנוטיפים והפנוטיפים של הצאצאים (דור F1)?

---



---

ד. ערכו טבלת "מצוי וצפוי" ובה נתוני התצפיות שלכם - **מצוי** - מספר נבטים שספרתם בכל קבוצה פנוטיפית, לעומת מספר הנבטים ה**צפוי** בכל קבוצה פנוטיפית (ע"פ השערתכם). מלאו את הטבלה הן ע"פ הצלחת האישי, והן ע"פ כלל הצלחות בכיתה. בתחתית הטבלה חשבו את יחס הפנוטיפים

כלל הצלחות בכיתה		צלחת אישית		
מספר זרעים שנבטו:		מספר זרעים שנבטו:		
צפוי	מצוי	צפוי	מצוי	
				נבט ירוק (G)
				נבט לבן (g)
				יחס הפנוטיפים

ה. מסקנות מהניסוי:

- התייחסו להבדלים שנמצאו ביחס הפנוטיפים, בין המצוי לצפוי בצלחתכם האישית.
- התייחסו להבדלים שנמצאו ביחס הפנוטיפים, בין המצוי בצלחתכם האישית, לבין המצוי בכלל הצלחות של הכיתה, לעומת יחס הפנוטיפים הצפוי (1:3).

---



---



---

ו. בטבלאות מסעיף א' יש הפרדה בין אללים שמקורם באיברי רבייה נקביים (העמודות), לבין אללים שמקורם באיברי רבייה זכריים (השורות). למרות זאת, תלמיד בשם גרגור טוען בתוקף כי "כגן לצבע עלי הנבט בצמח הטבק, אין משמעות לאבחנה בין הגמטות הזכריות לנקביות". האם גרגור צודק? נמקי/ תשובתך!

---



---

ז. ידוע כי אחד האללים לגן של צבע העלים הוא **קטלני** (לטאלי). הקטלניות באה לידי ביטוי **לאחר** שלב הנבט והצמח אינו מתפתח ומת. נסו להסיק, איזה מקבוצות הנבטים שלפניכם תתנוון בסופו של דבר. איזה אלל הוא הקטלני? הסבירו!

---



---



---

ח. שאלת רשות (מאתגרת):  
עבור עריכת ניסוי זהה לתלמידים שלך תוכלי לקבל ממני זרעים **בודדים** בלבד. תארי/ בפרוטרוט מה תעשה/י כדי שיהיו לך זרעים **רבים** הנחוצים לביצוע ניסוי זהה (ניתן להניח כי אין הגבלה על ציוד וזמן כדי לייצר זרעים רבים).

---



---