

משרד החינוך התרבות והספורט
המזכירות הפדגוגית
אגף המפמ"רים
הפיקוח על הוראת הביולוגיה

הוראת הביולוגיה



מסלול זכרון

תודה למנחים המחוזיים והארציים על ההערות וההארות.
תודה מיוחדת לאורה הירש, לאילנה אדר, לאסתי ברזילי, לדבורה שפירא
ולשרה ורטהימר על ההשקעה הרבה.

עריכה לשונית מאירה הס
עיצוב גרפי והדפסה ארט פלוס, ירושלים
הוצאה לאור משרד החינוך, מח' פרסומים



© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

ירושלים, תשס"ו – 2006

תוכן העניינים



מבוא ... 7

הוראת ביולוגיה משולבת מעבדה ... 9

מקום המעבדה בהוראת הביולוגיה ... 9

סוגים של ניסויי מעבדה ... 10

בחינת הבגרות במעבדה 3 יח"ל והתיאור המורפולוגי ... 11

בחינת הבגרות במעבדה 5 יח"ל ... 12

העבודה האקולוגית בהוראת הביולוגיה ... 14

חשיבות העבודה האקולוגית בהוראת הביולוגיה ... 14

דרישות העבודה האקולוגית ... 16

שאלות אקולוגיות ושאלות אפיון ... 18

המלצות להכנת תלמידים לקראת ביצוע העבודה האקולוגית ... 19

סיכום העבודה האקולוגית ... 20

טבלה להערכת העבודה הכתובה על פי קריטריונים ... 24

הבחינה על העבודה האקולוגית ... 25

אמות מידה לבדיקת נושא העבודה האקולוגית ... 28

תכנית הבידוע ... 29

דרישות התוכנית ... 29

בחינת הבגרות על תוכנית הבידוע ... 31

נספחים

נספח 1 רשימת המיומנויות הנדרשות לחלק המעשי של הוראת הביולוגיה

(מתוך תוכנית הלימודים החדשה) ... 33

נספח 2 דף מבחן לתיאור מורפולוגי של צמח (לתלמידי 3 יח"ל) ... 37

נספח 3 תקציר הנחיות לעבודה עם גליון אלקטרוני ... 43

נספח 4 סודות הבקרה – מסע אל תוך החקר | אורה הירש ושרה ורטהימר ... 45

נספח 5 לקט שאלות בנושא בקרה | אורה הירש ושרה ורטהימר ... 52

נספח 6 מה בין תצפית מכוונת לבין ניסוי מבוקר? ... 59

נספח 7 דף הנחיות לתיאור מורפולוגי של צמח (לתלמידי 5 יח"ל) ... 61

נספח 8 מהות המחקר האקולוגי | ד"ר רות אמיר ... 67

נספח 9 דפי עזר לתלמידי י"א – שלבים בהכנת העבודה האקולוגית | אורה הירש ... 79

נספח 10 המלצות לצידוד לעבודה במעבדה ובשדה ... 91

המקור היחיד איזע הוא הניסיון

איינשטיין

למורי הביולוגיה שלום רב,

החוברת הוראת הביולוגיה – במעבדה ובשדה, נועדה לסייע למורים ולתלמידים ביישום החלק המעשי בתכנית הלימודים בביולוגיה. החוברת מרכזת בתוכה את הבסיס הרעיוני לחלק המעשי ואת ההנחיות הנדרשות לביצוע: פרטים הנוגעים להוראה במעבדה ולבחינת הבגרות במעבדה, לתכנון וביצוע העבודה האקולוגית והבחינה בעל פה על העבודה האקולוגית, להוראה בתכנית הבידוע ולבחינה בע"פ על הבידוע. כמו כן, בחוברת חומר רקע שירחיב את הידע בנושא. חשוב שהמורים יעיינו בה בתשומת לב.

קריאה מהנה

רותי מנדלוביץ – מפמ"ר ביולוגיה

החלק המעשי של הוראת הביולוגיה



מבוא

הביולוגיה היא מדע המושתת על ידע שהושג בדרך המחקר העיוני והניסויי. מטרת העל של תוכנית הלימודים בביולוגיה בחטיבה העליונה היא לפתח אוריינות מדעית בתחום הביולוגיה. אוריינות כזאת היא חלק מתרבות האדם, והיא מטען הכרחי לאזרח משכיל ואמצעי חשוב להבנת העולם. על כן, בצד העיסוק בתכנים, מגדירה התוכנית מגוון רחב של מיומנויות חשיבה ולמידה, ועיסוק בהיבטים ערכיים וחברתיים, התופסים כיום חלק גדל והולך מתשומת הלב הציבורית ביחס לנושאים מדעיים בכלל וביולוגיים בפרט.

בתכנית הלימודים המטרות חולקו לארבעה תחומים:

- **ידע תוכני:** הכרה והבנה של עובדות, תופעות, תהליכים, עקרונות ורעיונות מרכזיים של הביולוגיה.
- **מהות המדע:** הבנת מהות המדע ודרכי יצירת הידע המדעי וצבירתו; הבנת הקשר מדע-טכנולוגיה-חברה.
- **פיתוח עמדות:** טיפוח מודעות להיבטים ערכיים הקשורים למדע וחברה ולאחריות האדם לטבע.
- **פיתוח כישורים ורכישת מיומנויות:** כישורי למידה וחשיבה מדעית, מיומנויות חקר ומיומנויות עבודה במעבדה ובשדה.

העבודה המעשית תורמת לקידום של כל אחת מהמטרות האלה. היא מפתחת אצל התלמידים את כושר ההסתכלות ומסייעת בחיזוק הגישה הרציונלית, כולל: שיקול דעת, חשיבה יצירתית, חשיבה ביקורתית, נכונות לקבל את הנתונים כמו שהם ולהתייחס אליהם בצורה ביקורתית. כמו כן, היא מעודדת יכולת הבחנה בין השערות לבין תיאוריות, בין הנחות להשערות, בין עובדות להשערות, בין סיבות לתוצאות, בין נתונים למסקנות; היא מלמדת את התלמידים לנקוט עמדה המבוססת על נתונים, להביא ראיות וטיעונים מנומקים, לשנות דעה בעקבות נתונים חדשים, להסיק מסקנות

ולנקוט עמדה עצמאית בלי להיכנע לסמכות כלשהי. זאת ועוד, העבודה המעשית עשויה לתמוך במטרות בתחום הידע התוכני (לדוגמה: הכרה והבנת המשמעות של אחידות בעולם החי או פיתוח ידע והבנה של יחסי גומלין בטבע, או של התערבות האדם בטבע). כל אלה הם מטרות מרכזיות בהוראת הביולוגיה.

החלק המעשי של הוראת הביולוגיה מציג פעילויות ומיומנויות המוצגות **בנספח 1**, המשתלבות בתכנים העיוניים.

תוכנית הלימודים מציעה ליווי של תהליכי ההוראה והלמידה, ומתן הזדמנויות לעיסוק בחקר ובחשיבה ביקורתית. התצפיות, ההתנסויות והניסויים, וגם העיסוק בתכנים עיוניים, יהיו משולבים בדיונים ובשיקולי דעת ביקורתיים במסגרת יחידנית, קבוצתית או כיתתית.

במסמך זה הורחב הבסיס הרעיוני לחלק המעשי בתוכנית הלימודים, וההנחיות הנובעות ממנו פורטו באופן שיסייע למורה ולתלמיד לממש את מטרות תוכנית הלימודים. ההנחיות שבמסמך זה תהיינה תקפות **לשנה"ל תשס"ו ותשס"ז**. המורים מתבקשים לעיין בתשומת לב במסמך זה, הכולל פרטים הנוגעים להוראה במעבדה ולבחינת הבגרות במעבדה (כולל השימוש במחשב), לתכנון ולביצוע העבודה האקולוגית והבחינה בעל פה על העבודה האקולוגית, לתוכנית הביודע – חלופה לשתי היחידות המעשיות (עבודה אקולוגית + מעבדה) ולבחינה בעל פה על הביודע.

הוראת ביולוגיה משולבת מעבדה



מקום המעבדה בהוראת הביולוגיה

הפעילות המעבדתית היא אבן יסוד בהוראת המדעים, ולפיכך משולבת באופן שוטף וקבוע בהוראה והיא חלק בלתי נפרד ממנה.

הפעילות במעבדה תופסת מקום מרכזי בתוכנית הלימודים בביולוגיה. בשיעורים אלה הפעילויות מבוססות על תצפיות, על בדיקות ועל ניסויים המבוצעים על ידי התלמידים, ונשענות על תשתית הידע כפי שהוגדרה בנושאי הליבה. המעבדה מאפשרת לתלמיד אופן למידה ייחודי, "הלמידה המעשית". כל תלמיד הלומד ביולוגיה חייב להתנסות בעבודת מעבדה במהלך לימודיו. המורים לביולוגיה מכירים בחשיבות הלימודים במעבדה כחלק אינטגרלי ומרכזי בלימודי הביולוגיה.

בעזרת שיעורי המעבדה ניתן להשיג חלק גדול ממטרות הוראת הביולוגיה.

חשוב לשלב ניסויים בהוראת הביולוגיה, מהסיבות הבאות:

1. ניסויים יכולים להדגים ולהמחיש תופעות שנלמדו.
2. הסקת מסקנות מניסוי מעודדת תהליך של בניית ידע חדש אצל התלמיד.
3. ביצוע ניסויים מאפשר לשפר את הבנתו של התלמיד את תהליך יצירת הידע במדע.
4. הניסויים מאפשרים פיתוח מיומנויות חקר, כגון: בדיקת השערות, רכישת מיומנויות ושיטות מחקר, עריכת תצפיות וביצוע מדידות, ארגון ממצאים ודיווח עליהם.
5. ביצוע ניסויים והסקת מסקנות מעודדים חשיבה ביקורתית.
6. ביצוע ניסויים מגביר סקרנות, הנעה ועניין בנושאים מדעיים.
7. באמצעות הניסויים אפשר לגוון את דרכי הוראה.

חשוב לנצל את שיעורי המעבדה בבית הספר להדגמה ולהמחשת החומר הנלמד בכיתה, ללימוד טכניקות עבודה בסיסיות ולהתמודדות עם בעיות חקר פתוחות.

סוגים של ניסויי מעבדה

הניסוי המאשר: בו ידועים לתלמיד מטרת הניסוי והוראות העבודה, ועל סמך ידע קודם שיש לו הוא מצפה לתוצאות מסוימות. תלמידים יכולים לבצע ניסוי כזה בעצמם, או המורה יכול להדגים את הניסוי.

הניסוי החוקר או ניסוי חקר: בניסוי זה נדרש התלמיד, על סמך תצפית מסוימת, לנסח השערה ולתכנן ניסוי שבו יבדוק את השערתו. על סמך תוצאות הניסוי התלמיד מאשש או מפריך את השערתו. ניסוי "חקר" יכול להתבצע לפני הוראת יחידת הלימוד, במהלך ההוראה או בסיכום הנושא.

המאפיינים העיקריים של ניסוי החקר הם המעורבות הפעילה של התלמידים בבחינת השערה וההתמודדות שלהם עם תוצאות בלתי צפויות.

במחקר אקדמי, החוקר בודק תופעה שהתגלתה בעקבות תצפית שביצע בטבע או במעבדה, או כהמשך לניסוי, ואילו התלמיד בודק, לרוב, תופעה יזומה מראש בהנחיית המורה ובמסגרת תוכנית הלימודים.

במהלך ההוראה, אנו כמורים לא תמיד מממשים את ניסוי החקר במלואו. נפוץ יותר השימוש ב"חקר מונחה", שבו המורה מעורב בשלבים שונים של תהליך החקר. דרך אחרת היא ביצוע "ניסוי מגלה", שבו התלמיד מבצע ניסוי על פי הוראות שהמורה מכין מראש, אך תוצאות הניסוי אינן ידועות לתלמיד כיוון שהנושא עדיין לא נלמד. כלומר, ניסוי מאשר, המשולב ברצף הוראה כלשהו, יכול להיות ניסוי מגלה, אם הוא משולב בנקודת זמן אחרת ברצף ההוראה.

מידע נוסף על מקום המעבדה בהוראת הביולוגיה, והצעות לניסויים מגוונים, באוגדן ניסויים בביולוגיה, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

במשך שנים פותחו ניסויי חקר לצורך בחינת הבגרות במעבדה, במגוון נושאים. ניסויים אלה משמשים דוגמאות טובות לתרגול, ומאפשרים למורה לעבוד על פי הדגם של חקר מונחה. אך יש לזכור כי בתכנון ניסויים לבחינת הבגרות, המתקיימים בוזמנית בכל בתי הספר בארץ, יש להתחשב באילוצים מעשיים ועיוניים כאחד, כמו: זמן מוגבל לכל ניסוי, קשיים בהשגה בוזמנית של חומר חי בעבור הנבחנים בכל הארץ, הימנעות משימוש בציוד יקר, וכן הדרישה שהשאלות יתבססו על תשתית ידע המשותפת לכל התלמידים בלי שיהיה יתרון לתלמיד שלמד נושא זה או אחר.

טיפוסי הניסויים נבדלים זה מזה בסוג המטלות הנדרשות מהתלמיד. המורה יכול לבחור מהו הטיפוס המתאים לנושא הנלמד, לידע הקודם של התלמידים בנושא הניסוי, לשלב שבו התלמידים נמצאים בלמידת תהליך החקר ולמטרות שהוא מעוניין להשיג.

בחינת הבגרות במעבדה 3 יח"ל והתיאור המורפולוגי

סמל שאלון 920604

בבחינה שלוש בעיות בשיטה של "תחנות". בכל אחת משלוש התחנות התלמיד מבצע ניסוי (ניסוי כמותי, ניסוי שבו נעשה שימוש במיקרוסקופ, ניסוי איכותי). לפני המבחן במעבדה, מורה הכיתה בוחן את תלמידיו בתיאור מורפולוגי המתואר להלן, והציון בתיאור המורפולוגי נחשב כתחנה נוספת לצורך חישוב הציון במעבדה (ציון המבחן בתיאור המורפולוגי נרשם על טופס הבחינה במעבדה, במקום המיועד לכך. פרטים בחוזר מפמ"ר תשס"ו/3). כל תחנה מאפשרת לצבור עד 25 נקודות. נושאי הניסויים והשאלות שבמבחן מבוססים על ידע של נושאי הליבה: ביולוגיה של גוף האדם, התא ואקולוגיה.

התיאור המורפולוגי לתלמידים הלומדים ביולוגיה בהיקף של 3 יח"ל

קיימת חשיבות רבה לפתח אצל תלמידים, במסגרת לימודי הביולוגיה, את היכולת לזהות יצורים חיים, תוך התבוננות מקרוב באורגניזם השלם והבחנה בפרטים המעידים על קשר בין תכונותיו של האורגניזם לבין משמעותן הביולוגית. תלמידים הלומדים ביולוגיה בהיקף של 3 יח"ל ימשיכו להיבחן על המיומנות של התיאור המורפולוגי, במתכונת דומה לזו שהייתה נהוגה בעבר. במהלך הבחינה יתארו התלמידים שני צמחים או צמח עילאי ובעל חיים, על פי דפי תיאור חדשים שפורסמו בחוזר תשס"ה/2 ומצורפים לחוברת זו **בנספח 2**, עם שינויים קלים.

התיאורים המורפולוגיים ייבדקו על ידי מורה הכיתה, ויועברו למרב"ד עם מחברות הבחינה במעבדה.

כאמור, הציון על הבחינה בתיאור המורפולוגי יהיה 25% מציון בחינת המעבדה. מומלץ לשלב במהלך ההוראה תיאור של כמה צמחים ובעלי חיים כדי להכין את התלמיד לביצוע המטלה.

הנחיות לביצוע הבחינה בתיאור מורפולוגי

הבחינה בתיאור המורפולוגי היא בחינה פנימית. הבחינה תיערך בבית הספר במועד שייקבע על ידי המורה. מומלץ לקיים את הבחינה בכיתה י"א. התלמיד יקבל שני אורגניזמים ויתאר אותם. לפחות אחד מבין שני האורגניזמים יהיה צמח עילאי. התיאור יבוצע על פי דף לתיאור מורפולוגי (ניתן לתאר גם צמחי תרבות ולא רק צמחי בר). התלמיד יתבונן מקרוב באורגניזם הנבחר, ויזהה את פרטי המבנה המאפיינים אותו. לצורך ההתבוננות ניתן להיעזר בזכוכית מגדלת או במיקרוסקופ סטריאוסקופי.

בחינת הבגרות במעבדה

5 יח"ל

בבחינת הבגרות במעבדה בהיקף של 5 יח"ל, התלמיד מתמודד עם בעיה או תופעה ביולוגית, וגם מבצע ניסוי על כל מרכיביו. כמו כן, הוא נדרש להבין את מערך הניסוי, להסיק מסקנות וכן להציע השערה ותכנון ניסוי המשך. הבחינה במעבדה בודקת בעיקר מיומנויות חקר, אך הבנת נושאי החקירה והשאלות שבמבחן דורשות הבנה בסיסית של תופעות ביולוגיות וידע של נושאי הליבה: ביולוגיה של גוף האדם, התא ואקולוגיה. בכל מחזור בחינה (בוקר וצהרים) יש שלוש בעיות. בכל אחד ממחזורי הבחינה אחת מהבעיות משולבת מחשב.

שאלון מעבדה 043004

בשאלון זה התלמיד נחשף לבעיה ביולוגית מסוימת ונדרש לענות על שאלות הקשורות לבעיה ולדרכי מדידה (משקל שאלון זה 40% מהציון במעבדה).

שאלון מעבדה 043005

בשאלון זה התלמיד מתבקש לבצע ניסוי הכולל מדידות, לבצע איסוף נתונים ועיבודם, ולהתייחס לתוצאות בעזרת שאלות מנחות. בחלק מן הבעיות, כמפורט להלן, עיבוד הנתונים ייעשה במחשב באמצעות הגליון האלקטרוני. שאלון זה כולל גם חלק הקשור לתכנון ניסוי ולזיהוי מרכיבי ניסוי (משקל שאלון זה 60% מהציון במעבדה).

בנספח 3 יפורטו תמצית מיומנויות המחשב הנדרשות.

למידע נוסף על ניסויי המעבדה בהוראת הביולוגיה:

- באתר המפמ"ר: www.education.gov.il/biology
- באתר של המרכז הארצי למורי ביולוגיה:
<http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.hadash/maabada05.html>
- עלון למורי ביולוגיה מוקדש כולו לנושא מעבדה:
<http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.webpage/alon169.html>

בנספח 4 מאמר הדין בנושא הבקרה: **סודות הבקרה – מסע אל תוך החקר** מאת אורה הירש ושרה ורטהימר.

בנספח 5 **לקט שאלות בנושא** בקרה מאת אורה הירש ושרה ורטהימר.

העבודה האקולוגית בהוראת הביולוגיה



חשיבות העבודה האקולוגית בהוראת הביולוגיה

בתוכנית הלימודים החדשה, **אקולוגיה** הוא אחד מנושאי הליבה, וכל תלמיד המתמחה בביולוגיה חייב ללמוד נושא זה. במסגרת הוראת נושא זה ניתן להשיג את אחת המטרות החשובות שבתוכנית הלימודים – **הכרת הטבע בשדה**, כלומר, מפגש בלתי אמצעי עם תופעות הטבע בשדה, הכרת טבע הארץ, צמחיית הארץ ובעלי החיים שבה; זאת, תוך טיפוח עמדות חיוביות כלפיהם והשתתפות בשמירת טבע הארץ.

הכנת עבודה אקולוגית המבוססת על עבודה עצמית בשטח, שאותה חייב להכין כל תלמיד המתמחה בביולוגיה בהיקף של 5 יח"ל, היא דרך ראויה להכרת הטבע בשדה. התלמיד מתבקש להכין עבודה כתובה המבוססת על הכרת בית גידול, על המרכיבים הביזויים והאביוטיים בעונות שנה שונות. במהלך ביצוע העבודה, התלמיד לומד, חוקר ומבין נושא אקולוגי, בדרך של עבודה עצמית מודרכת.

העבודה צריכה להיות מבוססת על תצפיות בשדה, וכן צריכה להיות ממוקדת ומצומצמת בהיקפה.

במהלך הכנת העבודה התלמיד מכיר כמה אורגניזמים בסביבתם הטבעית, לומד על האופן שבו הם משפיעים על הסביבה האביוטית ומושפעים ממנה, וכן לומד על התנהגותם ועל יחסי הגומלין בינם לבין אורגניזמים אחרים, מאותו המין וממינים אחרים. לצורך זה התלמיד מתבקש לעקוב אחר מאפייני האביוטיים של הסביבה שבה בחר (כגון טמפרטורת האוויר, לחות, טופוגרפיה, מליחות), ואחר השינויים המתרחשים בהם במשך חלק מעונות השנה שבהן הוא מבצע את התצפיות. התלמיד מתבקש גם לעקוב אחר מאפייני הביזויים של הסביבה שבה הוא עובד (מאכלסיה מבחינת החי והצומח, מיקומם ופיזורם בשטח, השינויים שחלים בהם לאורך תקופת העבודה), וללמוד את אורח החיים ואת ההתנהגות (כגון דרך הזנה, רבייה, מחזור חיים) של

יצורים חיים אחדים (צמחים ובעלי חיים) בסביבה זו. האורגניזמים שייבחרו לעבודה חייבים לייצג את בית הגידול ואינם יכולים להיות אורחים מקריים בו. בין האורגניזמים ייכללו צמחים וגם בעלי חיים במידת האפשר.

התלמיד ינסח שאלות אקולוגיות אחדות, שיש להן בסיס ביולוגי והן נוגעות ליצורים שבהם בחר להתמקד, וישיב עליהן בהתבססו על הנתונים שאסף בשטח, תוך שימוש בידע הביולוגי שרכש. במקום שהדבר מתבקש, יתייחס התלמיד להתערבות האדם ולהשפעתה. העבודה חייבת להתבסס על עריכת תצפיות ועל ביצוע ניסויים פשוטים (במידת האפשר) על ידי התלמיד. **בנספח 6** מידע על הבחנה בין תצפית מכוונת לבין ניסוי מבוקר.

תיאור מורפולוגי: התלמיד יבחר שני אורגניזמים (צמחים/בעלי חיים) הנמצאים בבית הגידול שבו הוא מבצע את העבודה האקולוגית ויתאר אותם. לפחות אחד מבין שני האורגניזמים הנבחרים יהיה צמח עילאי (צמח בעל פרחים). התיאור יבוצע על פי דף לתיאור צמחים/בעלי חיים (ניתן גם לתאר צמחי תרבות ולא רק צמחי בר), הנמצא **בנספח 7**.

הכנת התיאור המורפולוגי דורשת מהתלמיד להתבונן מקרוב בצמחים ובעלי חיים שבהם מתמקדת עבודתו. במהלך התיאור יושם דגש על מבנים ותכונות הקשורים להתאמת האורגניזם לבית גידולו. התשובות לשאלות הנלוות לתיאור יכוונו את התלמיד למציאת הסברים אפשריים ליתרונם של המבנים והתכונות שאותם זיהה. האורגניזמים שייבחרו לתיאור המורפולוגי אינם בהכרח אותם האורגניזמים שבהם התמקד התלמיד בעבודה האקולוגית.

הכנת התיאור המורפולוגי על כל פרטיו יכולה להתבצע בביקור אחד בשטח או במשך ביקורים מספר, ובלבד שתהיה התייחסות כנדרש לכל חלקי הצמח (כולל פרחים ופירות). המורה יכוון את התלמיד להכין את התיאור במועד מתאים. מומלץ שכבר בביקור הראשון בבית הגידול, יבחר התלמיד לפחות שני סוגים של צמחים ויתאר אותם. בביקורים הבאים בבית הגידול התלמיד ישלים את התיאור המורפולוגי של הצמחים הנבחרים. אם במהלך התצפיות שהתלמיד יבצע, לא יהיו לצמח פירות וזרעים, התלמיד יוכל להשלים את המידע מהספרות.

הכנת התיאור המורפולוגי יכולה להיעשות על ידי כמה תלמידים המכינים עבודה משותפת.

העבודה האקולוגית מסודרת עצומה ונאקטרת אליון רחב
של גלמידים לזטא יכולותיהם בדרכים שונות.

אפשר להשתמש עצומה האקולוגית של גלמידים כמעין
לפרסום המלטה זכני גלמידים צעירים והורים.

דרישות העבודה האקולוגית

- **התלמיד** יבחר בית גידול מתאים – מומלץ בקרבת מקום מגוריו.
- **התלמיד** יזהה תופעות אקולוגיות אופייניות לבית הגידול, ויאפיין את בית הגידול.
- לאחר בחירת בית הגידול **התלמיד** יגדיר נושא לעבודה, יבחר את האורגניזמים המרכזיים וינסח שאלות אקולוגיות הקשורות לתופעות, לגורמים האביוטיים ולאורגניזמים (התלמיד יקבל אישור מהמורה לתחילת העבודה).
- **התלמיד** יתכנן את העבודה בשטח: מה מודדים, איך מודדים, מתי, היכן בדיוק. רצוי להכין טבלאות לרישום הנתונים הנצפים והנמדדים בשטח.
- בתקופת התצפיות תשולב הכנת התיאור המורפולוגי של האורגניזמים שנבחרו.
- ההיכרות עם בית הגידול תתבצע במשך חצי שנה לפחות (לפחות במשך שתי עונות שונות).
- מספר הביקורים בשטח לא יפחת משישה, בתנאי שייאספו בהם נתונים משמעותיים, המאפשרים קבלת תמונה מקיפה על בית הגידול ועל השינויים המתרחשים בו.
- מספר האורגניזמים לא יפחת מארבעה אורגניזמים אופייניים, המייצגים את בית הגידול ואינם אורחים מקריים בו. במידת האפשר, ייכללו בהם גם צמחים וגם בעלי חיים.
- מתחילת התצפיות, מומלץ ל**תלמיד** לאסוף אורגניזמים או חלקים שלהם (במידת האפשר, בלי לפגוע בערכי טבע כמובן) ו/או לתעד אותם בצילומים.
- **התלמיד** יכין תרשים שטח.

- מומלץ שהתלמיד יסכם בכתב פרטים חשובים הנוגעים לאורגניזמים. סיכומים אלה יישארו בידי התלמיד ולא ייכללו בעבודה הכתובה.
- התלמיד ייתן מענה לשאלות אקולוגיות הנובעות מהתצפיות בבית הגידול, ויתייחס בעבודתו גם לשאלות אפיון בית הגידול (הסבר בהמשך).
- התלמיד חייב להכין את העבודה בעצמו, לנהל רישום של כל תצפיותיו ושל מהלך עבודתו, ולסכם את ממצאיו ואת מסקנותיו בעבודה כתובה תוך שימוש במקורות, כמקובל.
- ביצוע העבודה חייב להיות מתועד ביומן תצפיות, שבו יש לכלול: תאריך, שעה, תוצאות המדידות של גורמים אביוטיים ושל מרכיבים ביוטיים ותיאור תופעות שנצפו בשדה.
- מומלץ לבצע את העבודה בצוות הכולל לא יותר משלושה תלמידים. אם הכיתה תעבוד באותו בית גידול (ביוטופ כיתתי), כל קבוצה תתמקד בתתי-בית גידול אחר, השונה במידה זו או אחרת מתתי-בתי הגידול האחרים, כך שניתן יהיה לנסח שאלות אקולוגיות שונות.
- המורה אחראי על הנחיית העבודה האקולוגית של תלמידיו. הוא יעקוב אחר ביצוע העבודה, עיבוד הנתונים וסיכום העבודה. הוא יסייע לתלמיד בתיאור המורפולוגי של האורגניזמים.

אסור לחייב תלמידים לקבל הצרכה מאורס חוז'

- המורה יכין מראש לוח זמנים, שעל פיו ייערך המעקב אחרי העבודה במשך זמן ביצועה. מומלץ למורה לנהל כרטסת מעקב אחר ביצוע העבודה על ידי כל תלמיד/צוות.
- מורה הכיתה יעריך את העבודה הכתובה, על פי הטבלה להערכת העבודה הכתובה בעמ' 24. ציון המורה יהיה חלק מהציון השנתי שאותו ייתן המורה ביחידת הלימוד.
- רכז המקצוע יאשר את נושאי העבודות האקולוגיות של תלמידי בית הספר עוד בכיתה י"א. אין לאשר אותו הנושא בדיוק ליותר משלושה תלמידים בכיתה אחת,

באותו בית גידול ובאותו המקום בדיוק (אך ניתן לאשר נושאים שונים באותו בית גידול, או אותו נושא באתרים שונים).

■ **רכז המקצוע** ישלח את רשימת הנושאים, את השאלות האקולוגיות ואת שמות האורגניזמים למנחה המחוזי, כנדרש בטופס דיווח שפורסם בחוזר תשס"ו/1, לא יאוחר מסוף נובמבר של כיתה י"ב. הרכז יודיע למנחה המחוזי על כל שינוי עד סוף ינואר. המנחה יתערב לפי העניין (נושאים לא מקובלים, שאלות אקולוגיות שלא נוסחו נכון, קבוצות תלמידים שבחרו אותו הנושא). המנחה ישמור את רשימת הנושאים שאושרו ויעבירה לבוחן שימונה על ידו. רשימת הנושאים, שאושרה על ידי הרכז ונשלחה למנחה (כולל כל התיקונים), תצורף לעבודות ולתקצירים שיישלחו מבית הספר לבוחן לקראת הבחינה.

שאלות אקולוגיות ושאלות אפיון

אנו ממליצים להבהיר לתלמידים שבעיקרו של דבר אנו עוסקים בשני סוגים של שאלות:

1. שאלות אפיון (תיאור)

2. שאלות אקולוגיות

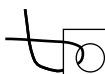
שאלות אפיון

עוסקות בהכרת בית הגידול ובאפיונו, על מרכיביו הבינטיים והאביוטיים. שאלות אלה מסייעות לנו לתאר ולהכיר את בית הגידול. לדוגמה: מהי הטמפרטורה במקום מסוים, וכיצד היא משתנה לאורך זמן? מיהם המאכלסים של בית הגידול והיכן הם מצויים? מהו סוג הקרקע? מהם תנאי התאורה? ריכוז החמצן במים? וכד'.

שאלות אקולוגיות

עוסקות בקשרים אפשריים בין מרכיבים ביוטיים בבית הגידול לבין עצמם, ובינם לבין סביבתם. לדוגמה: מהו הקשר בין עוצמת האור באזורים שונים בבית הגידול לבין תפוצתם של מינים שונים באותם האזורים?

לשאלות אקולוגיות צריך להיות בסיס ביולוגי. הבהרת הבסיס הביולוגי בעבודה הכתובה יכולה להיעשות בפרק של הרקע העיוני או בפרק הדיון. בכל עבודה אקולוגית עוסקים בשני סוגים של שאלות, אך המטרה העיקרית היא להתמקד בכמה שאלות אקולוגיות נבחרות (לפחות 3 שאלות אקולוגיות), שניתן לטפל בהן באופן מעמיק במהלך התצפיות.



יש לזכור שאולות אקולוגיות שבהן ייוצגו האורגניזמים הנבחרים
שבהם נמאקצט העצומה.

שאלות אפיון מסייעות בהכרת בית הגידול, ולכן יופיעו בסעיף שמתאר את בית הגידול ולא יהיו חלק מרשימת השאלות האקולוגיות.

במקרה שהתלמיד בחר לבדוק את הקשר בין כמה גורמים אביוטיים לבין גורם ביוטי אחד, אפשר לנסח שאלה אחת ובה כמה תת-סעיפים. לדוגמה:

- מה הקשר בין גורמים אביוטיים בבית הגידול לבין פעילות הנמלים?
- מה הקשר בין טמפרטורת הקרקע לפעילות הנמלים במשך השנה?
- מה הקשר בין לחות האוויר לפעילות הנמלים במשך השנה?
- מה הקשר בין טמפרטורת הקרקע לפעילות היומית של הנמלים?

חשוב להדגיש שבמחקר אקולוגי בשדה לא ניתן, בדרך כלל, לבדוד משתנים, ולא תמיד ניתן להצביע על קשר סיבתי בין שני משתנים. חומר רקע על אופי המחקר האקולוגי, שנכתב ע"י ד"ר **רות אמיר** מהמרכז להוראת המדעים באוניברסיטה העברית בירושלים, נמצא בנספח 8.

המלצות להכנת תלמידים לקראת ביצוע העבודה האקולוגית:

- ללמד רקע עיוני באקולוגיה;
- לתרגל מיומנויות עבודה בשדה, כולל מדידות בשטח;
- לתרגל חיפוש מקורות מידע ומיקוד ידע רלוונטי;

- לדון במהות המחקר האקולוגי ובמגבלותיו;
- להסביר את ההבדל בין שאלות אפיון לשאלות אקולוגיות;
- לערוך סיור כיתתי בקרבת בית הספר לאחר הכנה מוקדמת של המורה;
- לערוך סיור מודרך בבתי גידול ייחודיים;
- במהלך הסיורים לתרגל ניסוח של שאלות אקולוגיות ושל שאלות אפיון;
- ללמד איך לנהל את יומן תצפית.

להנחיית התלמידים כדאי להיעזר בהצעות וברעיונות שפורסמו בעלון למורי הביולוגיה, בפרט בעלון 123 המוקדש כולו לנושא, ובמקורות אחרים, ובעיקר במידע שבאתר של המרכז הארצי למורי ביולוגיה: <http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.biotop> באתר המרכז הארצי למורי ביולוגיה, במדור בידוע, ניתן למצוא גם הצעות מעשיות, טיפים של מורים, רשימות ביבליוגרפיות ועוד דברים שיכולים לסייע גם למורים המנחים עבודות אקולוגיות.

בנספח 9 הצעה של **אורה הירש**, מורה לביולוגיה בבית ספר אחד העם בפתח תקווה ומנחה ארצית לביולוגיה, להכנת התלמידים לקראת ביצוע העבודה האקולוגית.

סיכום העבודה האקולוגית

העבודה האקולוגית מוגשת כעבודה בכתב. להלן הסבר על אופן עריכת העבודה וחלקיה.

מומלץ לתת לתלמידים צילום של עמודים 16-28 מחוברת זו, הכוללים את ההנחיות לכתיבת העבודה ואת הקריטריונים להערכתה.

הרקע העיוני

הרקע העיוני בעבודה יוגבל ל-8 עד 10 עמודים, והוא יכלול:

1. שם העבודה (יכלול את האתר הנבדק) ושמות התלמידים.
2. תיאור המקום ומאפייניו. התיאור יכלול מיקום ונתונים טופוגרפיים, תרשים המקום, אקלים ונתונים רלוונטיים אחרים. כמו כן, יכלול תיאור של מה שראה ומדד התלמיד.
3. רשימת האורגניזמים שנצפו בבית הגידול במהלך התצפיות, רשימה של ארבעה האורגניזמים שבהם מתמקדת העבודה והשיור הסיסטמטי שלהם, תיאור יחסי

גומלין בין אורגניזמים בבית הגידול ותיאור מארג מזון אפשרי, המבוסס על התצפיות ועל ידע מהספרות המקצועית.

4. דפי התיאור המורפולוגי של שני אורגניזמים שהוכנו על פי ההנחיות בספח 7.

5. השאלות האקולוגיות שבהן מתמקדת העבודה.



אין צורך לעבודה סיכומים מהספרות שהנחיות הכינו על
האורגניזמים הנחקרים (הסיכומים יבדקו על ידי מורה הכיתה
ויישארו זידי הנחיות).

החלק המעשי

בסעיף זה תתואר הדרך שבה נאספו הנתונים בשטח, שאפשרו לתת מענה לשאלות האקולוגיות, והוא יכול: תיאור הבדיקות, תיאור שיטות המדידה, פירוט תצפיות וניסויים שנעשו במהלך העבודה, פירוט תאריכי הביקורים בשטח ואופן חלוקת השטח לתת-בתי גידול (אם הייתה חלוקה כזו).

תוצאות

התוצאות יכללו מידע מילולי ונתונים שנאספו בבית הגידול, הנוגעים לאורגניזמים שנבחרו ולגורמים האביוטיים שנבדקו. התוצאות יסוכמו בטבלאות ובגרפים, ככל הניתן. כל גרף ילווה בטבלת נתונים. יש להקפיד על הכללים לבניית טבלאות ולהצגה גרפית: בחירת הגרף המתאים, כותרות מתאימות, שמות משתנים, יחידות מדידה וכדומה. עיבוד הנתונים והצגתם הגרפית יבוצע בגיליון האלקטרוני. בצורה מילולית יוצגו בעיקר ממצאים ומאפיינים תיאוריים והתנהגותיים, כפי שנצפו על ידי התלמיד. ניתן לצרף ציורים של הסתכלות במיקרוסקופ במיקרואורגניזמים שנאספו בבית הגידול. יש לציין את התאריך ואת המקום של איסוף האורגניזמים. הציור ייעשה לפי הכללים המקובלים של ציור מתקן מיקרוסקופי.

הערה: בעבודות רבות, תלמידים מציגים על ציר X את הגורם האביוטי, כגון טמפרטורה. לעתים המדידות נעשות בשעות שונות, והטמפרטורה בצהרי יום חורף

יכולה להיות גבוהה יותר מאשר הטמפרטורה שנמדדה בערב יום קיץ. אין משמעות לנתח תוצאות אלה. נכון יותר להציג על ציר X תאריך (או שעה), על ציר Y אחד את הטמפרטורה ועל ציר Y השני, למשל, את פעילות הנמלים. הצגה זו מחזקת את העובדה שייתכן שגורמים נוספים משפיעים על פעילות הנמלים.

יש להימנע מריבוי גאורמים גרפיים שלא לצורך, ולהקפיד על
הצגת ממצאים ראשוניים אנושיים הסבוכה ולאטומה האקולוגית.

דיון

הדיון צריך לקשר, מתוך גישה ביקורתית, בין כל מרכיבי העבודה. הדיון כולל ניתוח התוצאות שהתקבלו, והסקת מסקנות זהירה בהקשר לשאלות האקולוגיות, תוך התייחסות למידע קודם ולידע מן הספרות. בהתחשב במגבלות העבודה, ראוי להסיק מסקנות זהירות ולא מסקנות גורפות.

רשימה ביבליוגרפית כללית כתובה כמקובל:

ספר: שם המחבר (שנת הוצאה), שם הספר (בהדגשה), הוצאה, מספרי עמודים.
מאמר: שם המחבר (שנת הוצאה), שם המאמר (בהדגשה), שם העיתון, כרך, מספר חוברת, מספרי עמודים.
מאמר באינטרנט: שם המחבר, שם המאמר (בהדגשה), שם האתר (דף הבית) והכתובת המלאה (כולל תאריך עדכון אם ידוע).
יש לכלול ברשימה הביבליוגרפית גם מקורות מידע ששימשו לסיכום על האורגניזמים.

יומן תצפית

יש לצרף את יומן התצפיות המקורי, על הרישומים שבו. יומן התצפיות ישמש לתיעוד כל ביקור בשטח ויכיל את הפרטים האלה: תאריך, שעה, תוצאות המדידות של גורמים אביוטיים ומרכיבים ביוטיים ותיאור תופעות שנצפו בשדה. **יומן מודפס או משוכתב לא ייחשב כיומן תצפיות מקורי.**

תקציר

התקציר הוא תמצית העבודה ויש להקפיד שיהיה קצר וממוקד.

התקציר יהיה בהיקף של כעמוד, ויכלול את הפרטים האלה:

שם התלמיד, כיתה, בית ספר, נושא העבודה, המיקום שבו בוצעה העבודה, השאלות האקולוגיות העיקריות שבהן מתמקדת העבודה, משך ביצוע העבודה, סיכום מילולי קצר של הממצאים העיקריים ושל המסקנות, רשימת האורגניזמים. לתקציר יצורף צילום הרשימה הביבליוגרפית שבעבודה.

הנחיות כלליות להגשת העבודה

1. העבודה תוגש כשהיא מודפסת בגופן David, Arial או Times New Roman בגודל 12, ברווח בין שורות $1\frac{1}{2}$ ורווח 2.5-3 ס"מ מכל צד העמוד. יש למספר את העמודים ולהכין תוכן עניינים.
2. הרקע העיוני, כפי שצוין, לא יעלה על 8 עמודים.
3. אין לניילן את הדפים (פרט לתמונות או מוצגים).
4. סיכומים על האורגניזמים לא ייכללו בעבודה. התלמיד ישמור אותם בנפרד מן העבודה, כדי שישמשו לו כחומר עזר לקראת הבחינה.
5. יש להביא לבחינה את העבודה הכתובה, את האורגניזמים ואת המוצגים הקשורים לעבודה: אורגניזמים חיים – במידת האפשר (אין לפגוע באורגניזמים מוגנים). אם אין אפשרות – אורגניזמים משומרים, אדרים (פוחלצים), תמונות שצולמו בשעת העבודה, וכן יש להביא את יומן התצפיות המקורי.
6. ניתן להכין לבחינה כרזה או דגם המציגים פן מסוים בעבודה.

טבלה להערכת העבודה הכתובה על פי קריטריונים

ניקוד מרבי		
	א. הרקע העיוני (עד 25 נקודות) תיאור המקום ומאפייניו מיקום ונתונים טופוגרפיים תרשים המקום אקלים ונתונים רלוונטיים רשימת האורגניזמים שנצפו: תיאור מורפולוגי של שני אורגניזמים ושיוך סיסטמטי של 4 האורגניזמים הנבחרים יחסי גומלין + מארג מזון שאלות אקולוגיות שנבדקו בעבודה	5 10 5 5
15	ב. החלק המעשי (עד 15 נקודות) תיאור בדיקות שבוצעו בעת ביקור בשטח שיטות המדידה לגורמים ביוטיים ולגורמים אביוטיים תצפיות וניסויים שנעשו במהלך העבודה פירוט תאריכי הביקורים בשטח	
18	ג. תוצאות ודרך הצגתן (עד 18 נקודות) התוצאות יסוכמו בטבלאות, בגרפים ובצורה מילולית באופן מעמיק	
13	ד. דיון (עד 22 נקודות) ניתוח התוצאות והמידע שנאסף בהן בהקשר לשאלות אקולוגיות שנשאלו מסקנות תוך התייחסות לשאלות האקולוגיות ולבסיס הביולוגי	9
4	ה. רשימה ביבליוגרפית כללית (עד 4 נקודות) רשימת מקורות מידע וציון הפרטים הרלוונטיים	
5	ו. תקציר (עד 5 נקודות)	
5	ז. יומן תצפיות מקורי (עד 5 נקודות)	
6	ח. איכות הגשת העבודה והתרשמות כללית (עד 6 נקודות)	
100	סה"כ	

בבחינה, התלמיד נבחן בעל פה (על ידי בוחן חיצוני) על העבודה האקולוגית שביצע במשך כמה חודשים (לפחות שתי עונות שונות). במהלך עבודתו התלמיד הכיר את הסביבה שבה עבד ואת תנאיה המשתנים, את מאכלסיה ואת היחסים ביניהם בעונות השנה השונות.

הבחינה תתבסס על העבודה בכתב שהתלמיד מסר. התלמיד יציג בפני הבוחן את נושא העבודה וישיב על שאלות הנוגעות לבית הגידול, לאורגניזמים שבהם התמקדה העבודה ולשאלות האקולוגיות שנבדקו בעבודה. הבוחן ישאל גם שאלות הדורשות הבנה של עקרונות ביולוגיים הקשורים לנושא העבודה. הבוחן ייתן לתלמיד ציון נפרד על העבודה הכתובה, וציון נפרד על הבחינה בעל פה. הבוחן יעריך את העבודה הכתובה על פי הקריטריונים (ראו עמ' 24), ואת הישגי התלמיד בבחינה בעל פה, על פי הקריטריונים שלהן (ראו עמ' 26). הבוחן ישקלל את שני הציונים לציון אחד (מומלץ להיעזר בדף עזר לבוחן בבחינה בע"פ, בעמ' 27. כמו בכל שאלון המורה ייתן ציון שנתי לתלמיד, שבו יבואו לידי ביטוי הערכת המורה את העבודה השוטפת של התלמיד, והערכתו את העבודה הכתובה על פי הקריטריונים שנמסרו לתלמיד במהלך ביצוע העבודה (ראו עמ' 24). שאלון 043006 מהווה יחידת לימוד אחת מתוך 5 יחידות לימוד בביולוגיה.

חובות הבוחן בעת הבחינה בעל פה

1. הבוחן ישרה אווירה נעימה שתאפשר לתלמידים להיבחן בלי לחץ מופרז.
2. כל נבחן ייבחן לחוד ויציג, בצורה חופשית, את נושא עבודתו.

אין לחון קצוץ אלא יחידים יחידים.

3. הבוחן ישאל את התלמיד שאלות המתייחסות ישירות לעבודתו ולדרך ביצועה ויעמוד על עצמאות התלמיד בביצוע העבודה, ועל הבנתו את אשר ביצע.
4. הבוחן ישאל שאלות שמתייחסות להכרת האורגניזם והתאמתו לסביבתו על פי התיאור המורפולוגי שהתלמיד ביצע (ראו השאלות בדפי התיאור המורפולוגי).

תישאלנה גם שאלות הקשורות להתאמות אחרות לסביבה, כגון: התאמות פיזיולוגיות, ביוכימיות והתנהגותיות שאותן התלמיד בדק בעבודתו או שלמד עליהן מן הספרות.

5. הבוחן ישאל את התלמיד שאלות הרחבה ויישום, הנובעות מן העבודה ומצביעות על הבנת עקרונות באקולוגיה.

6. ההערכה תיעשה בצורה הוגנת ועניינית בהתאם למפתח ההערכה ולקריטריונים. הציון יינתן על ידי הבוחן.

נימן אהסמאך על ידע של נשאי החובה בבחינה על הסכמה
האקולוגית

אשומא אכס:
חובה אפסול על פי ההנחיות אכסל הסכמה האקולוגית
ואהסריר אט האמאד אפי הקריטריונים אהסרכ הסכמה
האקולוגית הסכמה והקריטריונים אהסרכ של נפחן אסל-סה.
האבר יכנס מידה רבה של אחידות, השנינות ואהימנות אהסרכ.

קריטריונים להערכת תלמיד בבחינה בעל פה על העבודה האקולוגית

ידע

- מוצגים וזיהויים, כולל הכרת המורפולוגיה של האורגניזמים והתאמותיהם – עד 15 נקודות

- **הצגת החלק המעשי:** בית הגידול, שיטות עבודה, מדידות, התמצאות בעבודה ומידע על האורגניזמים – עד 30 נקודות

הבנה

- יחס הגומלין בין האורגניזמים, רלוונטיות הבדיקות, המדידות, הניסויים והסבר התוצאות – עד 30 נקודות

תפקודים שכליים גבוהים (תש"ג)

- דיון בתוצאות וניתוחן, ביקורת והסתייגות, יישום ידע לשאלות תיאורטיות, הבנת עקרונות ביולוגיים – עד 20 נקודות
- יצירתיות והשקעה: דגמים, כרזות, צילומים – עד 5 נקודות

ההישגים בסעיף הבחינה בעל פה יהיו 60% מציון הבוחן על העבודה האקולוגית.

חישוב הציון הסופי

דף עזר לבוחן בבחינה בעל פה

הנושא	ציון מרבי מתוך 100	ציון תלמיד	ציון מחושב לתלמיד
מוצגים וזיהויים, כולל התיאור המורפולוגי	15		
ידע (כמפורט לעיל)	30		
הבנה (כמפורט לעיל)	30		
תש"ג (כמפורט לעיל)	20		
יצירתיות והשקעה	5		
סך הכול ציון בוחן על מבחן בע"פ	100		ציון תלמיד (בחינה בע"פ) $= X \cdot 0.6$
ציון בוחן על העבודה הכתובה	100		ציון התלמיד (עבודה כתובה) $= X \cdot 0.4$
סך הכול ציון בוחן			

ציון הבחינה יירשם בטופס 9540, והציון הסופי יחושב כממוצע בין ציון הבחינה ובין הציון השנתי (ציון המגן) – חישוב זה ייעשה על ידי הבוחן ויירשם בטופס, מיד בתום הבחינה. הבוחן ישאיר אצלו העתק של הציונים כבקרה. אין להשאיר טופס זה בבית הספר בלי שיישאר צילום בידי הבוחן.

אמות מידה לבדיקת נושא העבודה האקולוגית

השאלות הבאות נועדו לסייע לבדיקת ההתאמה של נושא העבודה האקולוגית למטרות, כפי שנוסחו בתוכנית הלימודים ובהנחיות. מענה על שאלות אלה יוכל לשמש אמצעי למורה ולתלמיד לבדיקת התאמת הנושא.

1. היכן תתבצע העבודה? (אתר מדויק)
2. האם יש באתר מגוון של אורגניזמים (צמחים ובעלי חיים) (רצוי מקבוצות סיסטמטיות שונות)?
3. מהם הגורמים האביוטיים הרלוונטיים לנושא? כיצד בודקים אותם?
4. במהלך העבודה יתרחשו שינויים בבית הגידול. לאילו שינויים ניתן לצפות?
5. אילו תופעות נראות לעין ניתן לאתר בשטח?
6. מהו נושא העבודה האקולוגית?
7. מה תהיה דרך איסוף המידע בשטח, ומהי דרך הרישום?
8. במשך כמה זמן תבוצע העבודה המעשית? כיצד ניתן לפזר את התצפיות בזמן, ומדוע?
9. כמה תלמידים יבצעו יחד את העבודה?



דרישות התכנית

תוכנית הבידוע היא תוכנית מיוחדת המשמשת חלופה לחלק המעשי של תוכנית הלימודים (מעבדה ועבודה אקולוגית). במהלך הלימודים התלמיד רוכש מיומנויות עבודה במעבדה, מיומנויות תצפית בשדה ומיומנויות של כתיבת דוחות ואלה מכשירים אותו לביצוע המחקר. עיקרה של התוכנית הוא ביצוע מחקר עצמאי-מונחה, על ידי התלמיד, המסוכם כעבודה כתובה ומלווה בתלקיט המצטבר החל מכיתה י"א. התלקיט נבנה על פי הנחיות התוכנית וכולל דוחות מעבדה וסיור.

המחקר

התלמיד מתכנן ומבצע בעצמו מחקר על כל שלביו, תוך שימוש במיומנויות שרכש בלימודיו. בסוף המחקר מגיש התלמיד דוח המסכם את מחקרו. סיכום התהליך דורש מודעות של התלמיד לשלבי הלמידה השונים, לקשר ביניהם, לראייה כוללת של התהליך ולביקורת עצמית. תהליך המחקר מונחה על ידי המורה. נושאים מתאימים למחקר בתוכנית "בידוע" הם נושאים הקשורים לתופעות ביולוגיות שהתלמיד צפה בהן בשדה. עדיפים נושאים המזמנים בקלות יחסית שאלות מחקר רבות, שאפשר לבנות סביבן השערות, מערכי תצפיות וניסויים לקבלת מענה אפשרי, בזמן (כחצי שנה) ובציוד הזמינים לתלמיד, ובלי פגיעה בלתי הפיכה בטבע. נושא המחקר צריך להתייחס אל האורגניזם השלם ולתהליכים המתקיימים בו. במהלך המחקר התלמיד או צוות התלמידים כותבים יומן עבודה ומתעדים בו את כל שלבי העבודה כבר מהשלב של בחירת הנושא ושל תכנון המחקר. המורה מלווה ומדריך את התלמידים לאורך כל השלבים, מהתכנון ועד סיכום המחקר. המחקר יוכל להתבצע בקבוצות של עד שלושה תלמידים, אך התלקיט יהיה אישי וייחודי לכל תלמיד.

פעילויות במעבדה

בתוכנית הלימודים בביולוגיה מודגש שהפעילות במעבדה היא אבן יסוד בהוראת המדעים, ולפיכך תשולב בלימוד העיוני. הפעילויות בשיעורי המעבדה יסייעו לתלמיד בתכנון ובביצוע מחקר, שייערך בשלב מאוחר יותר. בשיעורי המעבדה ירכשו התלמידים, תוך עריכת ניסויים, מיומנויות חקר, דרכי דיווח ויכולת להשתמש בכלים ובמכשירים; הם ילמדו להשתמש בשיטות מדידה למיניהן, ילמדו לבצע מטלות לפי הוראות כתובות, ילמדו להשתמש במחשב לטיפול בנתונים כמותיים וילמדו לעבוד עבודה עצמאית. יוגשו דוחות מעבדה מפורטים (לפי תבנית קבועה מראש) שישמשו תרגול של כתיבה – ריכוז ממצאים, הצגתם וניתוחם.

שיעורי המעבדה יתקיימו הן בכיתה י"א, הן בכיתה י"ב. בניסויי המעבדה אפשר להשתמש באוגדן המעבדות¹, בבעיות שנכתבו לבחינות הבגרות במעבדה בביולוגיה, בניסויים שעובדו במיוחד לבידוע או בכל חומר עזר אחר.

סיורים

אחת המטרות בהוראת הביולוגיה, כפי שהיא מצוינת בתוכנית הלימודים, היא הכרת הארץ על אזוריה, על נופיה, על צמחייתה ועל החי שבה. הסיורים מאפשרים לתלמיד להכיר בתי גידול על האורגניזמים המאכלסים אותם ועל התנאים שבהם, להכיר תופעות ביולוגיות ולהכיר שיטות מחקר בשדה. הפעילויות שנעשות בסיורים מסייעות לתלמיד ברכישת מיומנויות של עבודה בשדה, וכן בתכנון ובביצוע המחקר שיערוך במסגרת התוכנית "בiodע". בתוכנית "בiodע" יתקיימו לפחות שני סיורים: הסיורים ישמשו בסיס לדוח הסיור שישולב בתלקיט.

כתיבת דוחות מדעיים

בתוכנית "בiodע" ניתן דגש רב על כתיבת דוחות: דוחות מעבדה, דוחות סיור, וכן תכנון מחקר כחלק מהכנת התלמיד לכתיבת סיכום המחקר במתכונת מדעית.

1 אוגדן ניסויים בביולוגיה, (1997) אורה הירש, שרה ורטהימר, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים

תרגול הכתיבה המדעית ב"בידוע" נעשה בשתי דרכים:

1. לפני הכתיבה התלמיד מקבל הנחיות ברורות לכתיבת הדוחות, וכלים להערכתם. ההנחיות וכלי ההערכה מבהירים את הדרישות ומדריכים את התלמיד בכתיבת הדוחות. כלי ההערכה מאפשר לתלמיד גם לדעת מה משקלו היחסי של כל חלק בדוח.
2. המורה מעריך את הדוח תוך רישום הערות, והן מפנות את תשומת לבו של התלמיד לחלק הטעון שיפור. לתלמיד ניתנת הזדמנות לתקן את הדוח.

מעקב אחר תהליך הלמידה

בתוכנית "בידוע" התלמיד אוסף את כל תוצרי עבודתו בלי מיון. בשלבים שונים של העבודה, התלמיד נדרש לתיעוד שלבים בעבודתו ולחשיבה רפלקטיבית. לקראת סיום התוכנית הוא עורך תלקיט, ובו הוא מציג תוצרים נבחרים, יומן עבודה שמילא במהלך עבודתו על המחקר ודף אישי מסכם (הכולל חלק רפלקטיבי), המעיד על תהליך הלמידה שעבר.

הדגמת תהליך הלמידה משתפת את הקורא ברעיונותיו של התלמיד, בהתלבטויותיו ובשיקולים שהנחו אותו בתכנון העבודה, בביצועה ובכתיבתה.

בחינת הבגרות על תוכנית הבידוע

סמל שאלון 043202

תהיה בעל פה, ובה ייבחן התלמיד על המחקר שביצע ועל התלקיט שהגיש. בחינה זו ערכה 2 יח"ל והיא תחליף את הציון במעבדה ואת הציון על העבודה האקולוגית.

האישור ללמד את תוכנית ה"בידוע" יינתן למורה על ידי המפמ"ר ולא לבית הספר, והוא מותנה בהשתתפות המורה בהשתלמות מתאימה, בקורס ראשוני במשך שנתיים ובקורסי המשך מלווים במשך כל השנים שבהן המורה מלמד את התוכנית.

חובה על כל מורה בתוכנית זו לדווח לפיקוח ולמרכז הארצי למורי הביולוגיה, בראשית ספטמבר בכל שנת לימודים, אילו כיתות (י"א, י"ב) הוא מלמד על פי תוכנית זו, ומה מספר התלמידים בכל כיתה. כמו כן, עליו להיות בקשר עם מנחה אזורי ועם קבוצת עמיתים, לצורך דיון ואישור נושאי המחקר והשאלות הכלולות בו.

מורה שלא יעמוד בגאוס אלה לא יוכל להגיש את האמידיו לחינה
הגלות בגוכנה לו.

פרטים ודפי עבודה הקשורים לתוכנית הבידוע, מעודכנים לתשס"ו, ניתן למצוא:

באתר של המרכז הארצי למורי הביולוגיה –

(<http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.bi/aboutbioda.html>)

ובחוברת ה"בידוע" שפורסמה על ידי הפיקוח על הוראת הביולוגיה (תשס"ב). החוברת

המעודכנת לתשס"ו מצויה, אף היא, באתר המורים.

נספח 1

רשימת המיומנויות הנדרשות לחלק המעשי של הוראת הביולוגיה (מתוך תוכנית הלימודים החדשה תשס"ג)

ביצוע תצפיות וניסוי

מיומנות	3 יח"ל	5 יח"ל
ביצוע תצפית בתופעות בטבע ובמעבדה	+	+
תיאור של תצפית ודיווח עליה	+	+
שאלת שאלות הנובעות מהתצפית	+	+
ביצוע ניסוי על פי הוראות כתובות	+	+

ניתוח מרכיבי ניסוי מתואר

המיומנות	3 יח"ל	5 יח"ל
זיהוי שאלת מחקר לפי מערך ניסוי	+	+
זיהוי השערה	+	+
הבחנה בין הנחה, בין שאלה ובין השערה		+
זיהוי משתנה תלוי	+	+
זיהוי שיטת המדידה או שיטת הבדיקה	+	+
הבחנה בין מדידה כמותית (משתנה כמותי) ובין בדיקה איכותית (משתנה איכותי)	+	+
הבחנה בין משתנה תלוי ובין דרך מדידתו		+
זיהוי משתנה בלתי תלוי והאופן שבו משנים אותו	+	+
זיהוי בקרה, הבנת חשיבות הבקרה במערך הניסוי	+	+
הבחנה בין סוגי בקורות שונות בניסוי (כולל בקרה פנימית)		+
זיהוי גורמים קבועים רלוונטיים למערך הניסוי	+	+

תכנון ניסוי

5 יח"ל	3 יח"ל	המיומנות
+		ניסוח שאלת מחקר
+		ניסוח השערה וביסוסה על ידע ביולוגי
+		תכנון מערך ניסוי לבדיקת ההשערה (כולל קביעת המשתנה התלוי ודרך מדידתו, קביעת המשתנה הבלתי תלוי, דרך שינוי וטווח שינוי, תכנון הבקורות, קביעת הגורמים הקבועים, התייחסות לחזרות ולריבוי פריטים)
+		תכנון מערך תצפית מכוונת לבדיקת ההשערה (כולל קביעת המשתנה התלוי ודרך מדידתו, בחירת המשתנה הבלתי תלוי, התייחסות לגורמים קבועים ומשתנים, התייחסות לחזרות ולריבוי פריטים)

דרכי דיווח

5 יח"ל	3 יח"ל	המיומנות
+	+	תיאור איכותי וכמותי של תצפיות ושל תוצאות ניסוי
+	ממוצע בלבד	עיבוד תוצאות ניסוי: חישוב קצב, חישוב גדלים יחסיים, ממוצע, סטיית תקן
תכנון ועריכה של טבלה	רישום תוצאות בטבלה מוכנה	הצגת מערך ניסוי ותוצאותיו בטבלה (בניית טבלה ורישום כותרות לעמודות ולשורות, כותרת לטבלה, קביעת יחידות לערכי הטבלה, ציון גורמים קבועים רלוונטיים בטבלה או בשוליה, הפרדה בטבלה בין המשתנים בניסוי לבין הגורמים הקבועים)
+	הצגת תוצאות במערכת צירים נתונה: סימון תוצאות וסרטוט הגרף	הצגת תוצאות בדרך גרפית [משתנה בדיד, משתנה רציף, בחירת סוג התיאור הגרפי המתאים והסבר הבחירה, דיאגרמת עמודות, עקומה (גרף), מתן כותרת לגרף, בחירת המשתנים לצירים, כותרות לצירים ויחידות למשתנים, קנה מידה לערכים בצירים, סימון התוצאות וסרטוט הגרף]
+		הצגת תוצאות ועיבודן באמצעות מחשב על פי פירוט בחוזר מפמ"ר
+	+	דיווח על הסתכלות במיקרוסקופ (ציור ברור בעיפרון וביחסי גודל מתאימים, כותרת, רישום הגדלה, רישום וסימון של פרטי הציור)
+		אומדן גודל עצמים במיקרוסקופ

מסקנות ודיון בתוצאות הניסוי

5 יח"ל	3 יח"ל	המיומנות
+	+	הסבר תוצאות ניסוי
+	+	הסקת מסקנות מתוצאות הניסוי וביסוסן על ידע ביולוגי
+		אינטרפולציה, אקסטרפולציה
+		הצורך במבחן סטטיסטי ככלי להסקת מסקנות
+	חשיבות החזרות, אישוש השערה או הפרכתה	ביקורת על מערך הניסוי ותוצאותיו: זיהוי הנחות, מגבלות שיטת המדידה, הבנת חשיבות סוגים אחדים של בקורות, הצעת בקורות חשובות נוספות, חשיבות החזרות, מגבלות ההסקה, אישוש השערה או הפרכתה

מיומנויות טכניות

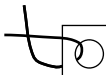
5 יח"ל	3 יח"ל	המיומנות
יכולת להשתמש במכשירים ובכלים		
+	+	מיקרוסקופ: הכנת מתקן, כיוון המיקרוסקופ, מידת הגדלה מתאימה, בחירת הארה מתאימה/שימוש בצמצם
+	+	מידת נפח נוזל בכלי מתאים: משורה, פיפטה, ביורטה, פיפטת פסטר, שימוש בפיפטור
+	+	הכנת תמיסות (שריכוזן מבוטא במולריות או באחוזים) על פי ההוראות
+	+	הכנת מיהולים עשרוניים והנדסיים
+		שקילה במאזני כפות/מאזניים דיגיטליים
+	+	שימוש במד אור
+	+	שימוש במד טמפרטורה
+	+	הכנת אמבט מים ושמירה על טמפרטורה קבועה
+	+	הכנת מיצוי בעלי ומכתש, הכנת תסנין בעזרת משפך ונייר סינון, הכנת תרחיף
שימוש בשיטות מדידה וזיהוי		
+	טיפות	טיטרציה (טיפות, שימוש בביורטה)
+		כרומטוגרפיה
+		הכנת עקומת כיוול ושימוש בה
+	+	בדיקת pH באמצעים שונים (אינדיקטורים, נייר, מקלונים לבדיקת pH או מכשור מתאים)
+		שימוש באמצעי מדידה ואוגרי נתונים הניתנים לתפעול באמצעות מחשב וכן במכשור למדידת בליעה והעברה של אור*
+	+	זיהוי חומרים באמצעות ריאגנטים ומקלונים (sticks) (חומרים כגון פחמימות שונות, חלבונים, ליפידים, ויטמין C)
+	+	ביצוע תגובות כימיות פשוטות בעזרת ריאגנטים ספציפיים in vivo ¹ in vitro



דף מבחן לתיאור מורפולוגי של צמח (לתלמידי 3 יח"ל)

ת"ז תלמיד _____

סמל ביה"ס _____



איזע שיינען אז יזי האורה זאלן הזחינה

שיוך סיסטמטי

משפחה _____

סוג _____

המיקום בבית הגידול שבו נאסף/נצפה _____

צורת חיים (עצים/שיחים/בני שיח/מטפסים/עשבוניים)

גבעול (6 נקודות)

צבע הגבעול: ירוק/אינו ירוק/ירוק בחלקו (3 נקודות)

הימצאות מבנים על הגבעול: שערות/זיפים/קוצים/אחר, איזה?

(3 נקודות) _____

עלה (6 נקודות)

עלה פשוט/עלה מורכב (1 נקודה)

עלי לוואי: יש/אין (1 נקודה)

אם יש: ירוקים/קרומיים

עלה יושב/בעל פטוטר (1 נקודה)

עמדת העלה:

זקוף/אופקי/אחר

איזה? _____ (1 נקודות)

צבע העלה _____ (1 נקודות)

עלה גדול יחסית/עלה קטן יחסית/בשרני/

סימנים מיוחדים:

בעל קנוקנות/קוצני/ שעיר/ריח/אחר

איזה? _____ (1 נקודות)

אם העלה שעיר, היכן השערות? צד עליון/צד תחתון

פרח (21 נקודות)

סידור:

בודד/תפרחת (2 נקודות)

אם תפרחת, איזו? _____

סימטריה:

נכונה/בלתי נכונה (2 נקודות)

פרח:

חד-מיני/דו-מיני (3 נקודות)

תכונות הפרח:

(14 נקודות)

יש למלא את הטבלה הבאה:

תכונות חלקי הפרח	צבע	מספר	סימנים מיוחדים
עלי גביע/עטיף גביעוני			
עלי כותרת/עטיף כותרתי			
אבקנים			
עמוד עלי			
צלקות			

סימנים מיוחדים:

צוף/ריח/שערות/אחר _____

פרי (2 נקודות)

סימנים מיוחדים לפרי:

צבע/שעירות/קוצניות/תוספות שונות/

עסיסי/יבש (2 נקודות)

התאמות (15 נקודות)

בחר שלוש מבין התכונות של הצמח שאותן ציינת בתיאור. לגבי כל אחת מהתכונות* שבחרת ציין מהי ההתאמה ולאיזה נושא, מבין הבאים, היא מסייעת (הכוונה לשייך התאמה מסוימת לנושא):

- התאמת האורגניזם לתנאי בית הגידול (ציין באיזה בית גידול ההתאמה היא יתרונ);
- מניעה של אכילת הצמח על ידי בעלי חיים;
- דרך ההאבקה של הצמח;
- הפצת זרעים.

זה צלחה!

דף מבחן לתיאור מורפולוגי של בעלי חיים (לתלמידי 3 יח"ל)

ת"ז תלמיד _____

סמל ביה"ס _____

איזש טיינען אל יצי האורה זלאן הזחינה

שיוך סיסטמטי

מערכה _____

מחלקה _____

משפחה _____

סוג _____

מין _____

המיקום בבית הגידול שבו נאסף _____

תאריך האיסוף _____

מבנים (15 נקודות)

אומדן ממדי הגוף:

אורך ורוחב הגוף שאינו כולל את הגפיים

_____ (4 נקודות)

צורת הגוף:

מאורך/מעוגל/שטוח/אחר

איזה? _____ (3 נקודות)

כיסוי גוף:

קוטיקולה/קשקשים/שריון/קונכייה/נוצות/שערות/

אחר: איזה? _____ (3 נקודות)

צבע הגוף:

אם יש הבדלים בצבע בחלקים שונים של הגוף

תאר אותם (3 נקודות)

דגם של צבע _____

תוספות על חלקי הגוף השונים: זיזים/בליטות/קרניים/אחר

איזה? _____ (2 נקודות)

גפיים (6 נקודות)

- רגליים: יש/אין (2 נקודות)
_____ אם יש רגליים, מספרן _____
סימנים מיוחדים: ציפורניים/טפרים/פרסות/קרומי שחייה/אחר
_____ איזה?
כנפיים: יש/אין (2 נקודות)
_____ אם יש כנפיים, מספרן _____
_____ צבען _____
_____ דגם של צבע _____
- סנפירים: יש/אין (2 נקודות)
זנב: יש/אין (3 נקודות)

איברי חושים (8 נקודות)

- עיניים: מספר/צורה/גודל/צבע/מיקום בראש/
_____ עין פשוטה או מורכבת (3 נקודות)
_____ יש/אין
אוזניים: אם יש: צורה/גודל _____ (2 נקודות)
_____ יש/אין (3 נקודות)
מחוששים: אם יש, מספר _____
_____ בעל שיניים/מקור/גפי פה/
פה: _____ אחר _____ (3 נקודות)
- זוויג הפרט: אם ניתן להבחין: זכר/נקבה

מומלץ לבחור בעלי חיים מאחת המערכות האלה:

פרוקי רגליים, נבוביים, רכיכות, קוצי עור או בעלי חוליות.

התאמות (15 נקודות)

בחר שלוש מבין התכונות של הצמח שאותן ציינת בתיאור. לגבי כל אחת מהתכונות* שבחרת, ציין מהי ההתאמה ולאיזה נושא, מבין הבאים, היא מסייעת (הכוונה לשייך התאמה מסוימת לנושא):

- התאמת האורגניזם לתנאי בית הגידול (ציין באיזה בית גידול ההתאמה היא יתרון);
- הגנה מפני טריפה;
- השגת מזון;
- תקשורת בין מינית או תקשורת תוך מינית.

זה צלחה!

* תכונה אחת יכולה להתאים לכמה נושאים.



תקציר הנחיות לעבודה עם גיליון אלקטרוני

להלן רשימת המיומנויות שייבדקו בבחינת הבגרות במעבדה בביולוגיה **משולבת גיליון אלקטרוני**, נוסף על המיומנויות המפורטות בנספח 1. מיומנויות אלה נחוצות גם לסיכום העבודה האקולוגית.

טיפול בקבצים

1. טעינת התוכנה
2. פתיחת קובץ
3. הגדרת שם לקובץ
4. שמירה ועדכון קובץ קיים

טיפול בנתונים כמותיים

1. ארגון נתונים בטבלה (ובניית טבלה מסכמת לצורך תצוגה גרפית)
2. **שליטה בפעולות תצוגה:**
 - א) רוחב עמודות ושורות
 - ב) דיוק עשרוני
 - ג) הוספת עמודה ושורה

שליטה בפעולות עריכה

1. שינוי שפה
2. העתקה
3. הדבקה מיוחדת (העתקת ערכים בלבד, על ידי ניתוקם מהנוסחה)
4. העברה
5. מחיקה

כתיבת נוסחאות ושימוש בנוסחאות מערכת

1. כתיבת נוסחאות פשוטות (כולל שימוש בקיבוע \$)
2. הפעלת נוסחאות מערכת: average, sum, max, min, count, stdev

מיון נתונים

1. מיון על פי קריטריון ספציפי
2. סינון

תצוגה גרפית

1. קביעה נכונה של המשתנים: התלוי והבלתי תלוי
2. בחירה נכונה של סוג הגרף כגון: עמודות, xy^*
3. רישום כותרות
4. עיצוב צירים בקנה מידה מתאים
5. הוספת קווי רשת

הדפסה

הגדרת אזור הבחירה להדפסה

* לתשומת לב המורים:

מעיון בתשובות התלמידים בבחינות הבגרות, התברר כי כנראה לא לכולם ברור ההבדל בין גרף קווי לגרף xy . להצגה גרפית של פונקציה שבה המשתנה הבלתי תלוי הוא רצוף יש להשתמש בגרף XY בלבד ולא בגרף קווי (גרף קווי הוא למעשה גרף עמודות שחיברו בקו את אמצעי העמודות שאינן מוצגות). כדאי לנסות עם משתנה בלתי תלוי, שערכיו משתנים בקצב לא קבוע, ולהשוות את שני הגרפים המתקבלים במקרה זה. ההבדל בולט בעיקר באופן חלוקת הערכים על ציר X . רצוי להמליץ לתלמידים לא להשתמש כלל בגרף קווי בבחינה, אלא בגרף XY או בגרף טורים (עמודות) לפי העניין.

נספח 4

סודות הבקרה – מסע אל תוך החקר

או: הסבר אפשרי, הסבר חלופי ומה שביניהם

מאת אורה הירש ושרה ורטהימר, מנחות ארציות לביולוגיה

בתוכנית הלימודים החדשה נוסחו שלושה היבטים הקשורים זה בזה, שראוי להדגיש אותם בהוראת הביולוגיה: המדע כחקר, מדע וחברה וההיסטוריה של הרעיונות הביולוגיים.

הוראה בדרך החקר מאפשרת לתלמיד הלומד ביולוגיה להבין את תהליך יצירת הידע במדע, ואף לבנות באופן אקטיבי את הידע האישי שלו (דרך זו תואמת את הגישה הקונסטרוקטיביסטית להוראה וללמידה).

הוראה של מיומנויות החקר יכולה להתבצע בדרכים אחדות: עריכת ניסויים במעבדה, קריאת מאמרים וניתוחם, ניתוח אירועים מההיסטוריה של המדע וביצוע תצפיות בשדה. בלמידה בדרך החקר, תכנון מערך ניסוי, ביצועו וניתוח תוצאותיו הם מרכיבים מרכזיים.

מערך ניסוי חייב לכלול בקורות המאפשרות לשלול הסברים חלופיים, ואלה מקנות תוקף למסקנות מהניסוי.

החוקר ריצ'ארד פיינמן בספרו, "אתה בטח מתלוצץ מיסטר פיינמן", היטיב להסביר את החשיבות של ביצוע בקורות בניסוי:

"...אם אתם עושים ניסוי, אתם צריכים לדווח על כל מה שצפתם עלול לשלול ממנו את תוקפו – לא רק על מה שאתם חושבים שהיה בסדר אתו: סיבות אחרות שאולי יכולות להסביר את התוצאות שקיבלתם: דברים שחשבתם עליהם שסיפקתם באמצעות אילוח ניסוי אחר... אני מדבר על סוג ספציפי נוסף של יושר שאיננו יא אשקר' אלא אשטו שמניית באוויר כדי להראות שאולי אתם טועים... זאת האחריות שלנו כמדענים...."

הבנת הצורך בתכנון בקורות לניסוי ובביצוע, וכן האופן שבו יש להשתמש בתוצאות בקרה מסוימת הם קשיים משמעותיים בעבור תלמידים רבים. במאמר נתייחס לסוגים אחדים של בקורות, נציע סיבות אפשריות לקשיי התלמידים וכן רעיונות לפעילויות העשויות לשפר את ההבנה.

חשיבות הבקרה במערך הניסוי

לשאלת מחקר/לתופעה ייתכנו בדרך כלל כמה תשובות אפשריות/הסברים אפשריים, המבוססים על ידע ביולוגי קודם. מתכנן הניסוי בוחר לבדוק בניסוי את אחד ההסברים האפשריים. הסבר זה הוא ההשערה שתיבדק בניסוי, שאר ההסברים הם **הסברים חלופיים**. תוצאות ניסוי עשויות לאשש את ההשערה הנבדקת בניסוי, אך בלי בקורות מתאימות ייתכן שתוצאות הניסוי לא יאפשרו להפריך את ההסבר החלופי, השונה מההסבר האפשרי הנבדק. על כן רצוי לתכנן מראש בקורות, שתאפשרנה לשלול את ההסברים החלופיים.

דוגמה א'

שאלה:

מה גורם לפירוק עמילן בפקעת תפוח אדמה?
פירוק עמילן בפקעת תפוח אדמה מזורז על ידי אנזים.

השערה:

משתנה תלוי:

פירוק עמילן.

משתנה בלתי תלוי:

נוכחות אנזים עמילאז (או מפרק עמילן) במיצוי מפקעת תפוח אדמה.

מהלך ניסוי:

הכנת מיצוי מפקעת תפוח אדמה והרחקת העמילן מהמיצוי. הוספת נפח מסוים של עמילן למיצוי, הדגרת התערובת בטמפרטורה של 30°C ובדיקת פירוק העמילן שהוסף.

שיטת מדידה:

הוצאת דגימות בפרקי זמן קצובים (עד חצי שעה), ובדיקתן עם יוד.

תוצאה:

אחרי פרק זמן מסוים אין צבע כחול בהוספת יוד לדגימה

לכאורה ניתן להסיק כי:

עמילן התפרק על ידי אנזים שבמיצוי,

ואז ההשערה אוששה.

אך לתוצאות אלה ייתכנו גם הסברים חלופיים:

1. במיצוי יש חומר מפרק עמילן שאיננו אנזים;
2. בתנאי הניסוי קיים פירוק עצמוני של עמילן.

מכאן, שלפני אישוש ההשערה על פי התוצאות, יש לבצע בקורות מתאימות, ורק בהתחשב בתוצאותיהן ניתן יהיה לדחות את ההסברים החלופיים ולאשש את ההשערה (או לקבל אחד מהם ולהפריך את ההשערה).

	הסבר חלופי	בקרה	מאפיין הבקרה
1	במיצוי יש חומר מפרק עמילן שאיננו אנזים	מיצוי מורתח + עמילן	בלי המשתנה הבלתי תלוי (המשתנה הבלתי תלוי לא הורחק אלא בוטלה פעילותו)
2	בתנאי הניסוי קיים פירוק עצמוני (ספונטני)	בדיקת עמילן בלי מיצוי, לאחר חצי שעה	בלי המשתנה הבלתי תלוי

אם בבדיקה של שני ההסברים החלופיים (א, ב) נמצא שאין פירוק עמילן לאחר 30 דקות, נוכל לאשש את ההשערה.

בהתבסס על ידע קודם, מתכנן הניסוי יכול לנסח הנחה, שעל פיה עמילן אינו מתפרק באופן עצמוני בתנאים כמו אלה שבהם בוצע הניסוי, ולוותר על הבקרה הבודקת את ההסבר החלופי שבסעיף ב'.

אילו תוצאות הניסוי היו אחרות, ולאחר 30 דקות לא היה פירוק של עמילן בנוכחות המיצוי, גם אז לא ניתן היה לקבוע בוודאות שאין אנזים במיצוי. ייתכן ששינוי אחד הגורמים הקבועים, כגון הארכת זמן הבדיקה, או הגדלת ריכוז המיצוי, היה גורם לתוצאות שונות ובעקבותיהן למסקנה שונה. מכאן, שאישוש ההשערה (או הפרכתה) מוגבל לתנאים שבהם התבצע הניסוי. ייתכן גם, שבמיצוי תפוח אדמה מתקיים תהליך של יצירת עמילן (בקצב דומה לתהליך הפירוק).

בניסויים שבהם אי אפשר להשמיט את המשתנה הבלתי תלוי, או בניסויים כמותיים, שבהם המשתנה הבלתי תלוי משתנה בהדרגה, במערך ניסויים אלה כלולה בקרה פנימית המאפשרת לשלול את ההסבר החלופי (ראו דוגמה ב').

דוגמה ב'

שאלה:

מהי השפעת דרגת ה-pH על פעילות האנזים עמילאז במיצוי תפוח אדמה?

השערה:

ככל שדרגת ה-pH של מיצוי תפוח האדמה גבוהה יותר, כך תגבר פעילות האנזים עמילאז, מעבר לדרגת pH מסוימת פעילות האנזים תרד.

משתנה תלוי:

קצב פעילות העמילאז

משתנה בלתי תלוי:

דרגת ה-pH

מהלך הניסוי:

הכנת מיצוי מפקעת תפוח אדמה והרחקת העמילן מהמיצוי. הוספת תמיסת חומצה או בסיס למיצוי לקבלת מיצויים בדרגות pH שונות, והוספת נפח קבוע של עמילן לכל אחד מהמיצויים. הדגרת התערובת בטמפרטורה של 30°C ובדיקת פירוק העמילן שהוסף.

שיטת המדידה:

קביעת הזמן הדרוש לפירוק העמילן על ידי הוצאת דגימות בפרקי זמן קצובים ובדיקתן עם יוד.

תוצאות:

קצב פירוק עמילן מיטבי בדרגת $\text{pH}=7$, בדרגות pH נמוכות או גבוהות יותר קצב הפירוק נמוך יותר.

בניסוי זה ייתכן שקיימת השפעה של המשתנה הבלתי תלוי על שיטת המדידה. ייתכן שתוצאות הניסוי נובעות מהשפעת דרגת ה-pH של התערובת על התגובה בין עמילן ליוד, ולכן, נוסף על הבקרה הפנימית נוסף בקרה לשיטת המדידה.

מאפיין הבקרה	בקרה	הסבר חלופי	
בקרה פנימית	השוואה בין הטיפולים השונים (מערך הניסוי)	דרגת ה־pH אינה משפיעה על קצב פעילות האנזים	3
השפעת המשתנה הבלתי תלוי על שיטת המדידה	בדיקת תרחיפים של עמילן (בלי מיצוי) בדרגות pH שונות + תמיסת יוד	שינוי ה־pH במיצוי משפיע על תגובת יוד + עמילן	4

על סמך ידע קודם, מתכנן הניסוי רשאי להניח שבמיצוי תפוח האדמה החומר המפרק עמילן הוא אנזים, ובתנאי הניסוי אין פירוק עצמוני של עמילן, ולהסתפק בבקורות 3 ו־4. בחסרוננו של ידע זה, יש לכלול במערך ניסוי זה (דוגמה ב') גם את הבקורות שנכללו בדוגמה א'.

בניסוי דומה, שבו נבדקת השפעת דרגת pH על פעילות האנזים פפסין, המזרז פירוק חלבון (ראו בגרות תשס"ג, שאלון 043005, בעיה 1), נמצא שדרגת ה־pH האופטימלית לפירוק החלבון בנוכחות האנזים היא 2. בניסוי זה יש להוסיף בקרה שתשלול את ההסבר החלופי שפירוק החלבון ב־2 pH, נובעת מהשפעת החומצה על החלבון (הידרוליזה חומצית). הבקרה שתאפשר שלילת ההסבר החלופי, היא הוספת תמיסת חומצה לחלבון, לקבלת תמיסות בדרגות pH שונות, בלי האנזים (גורם קבוע).

דוגמה ג'

בניסויים שבהם שיטת המדידה מבוססת על שינויים בצבע או בעכירות, הערכה של מידת השינוי מתקבלת מהשוואת צבע או עכירות התמיסות בטיפולים השונים, לטיפול שבו לא חל שינוי צבע. גם להשוואה זו ניתן לקרוא בקרה, אם כי מקובל לכנותה "בלנק" או "מבחנת ייחוס". בניסויים שתוארו לעיל יש להוסיף:

מאפיין	הסבר	בקרה
השוואת הצבע (בלנק)	זהו הצבע שיתקבל כשכל העמילן פורק	מיצוי + תמיסת יוד
השוואת הצבע (בלנק)	זהו הצבע ההתחלתי, לפני שהחל פירוק	תמיסת יוד + עמילן

לסיכום

בדוגמאות שלעיל תוארו בקורות מטיפוסים שונים: בקרה בלי המשתנה הבלתי תלוי, בקרה פנימית, בקרה לשיטת המדידה, בקרה בלי גורם קבוע ובקרת צבע (בלנק).

קשיים ושגיאות נפוצות, מקורם המשוער והצעות לטיפול

א. קושי בהבנת חשיבות הבקרה למערך הניסוי

קושי זה נובע מחוסר ידע ומקושי בהבנת מהות הבקרה. במהלך ההוראה מומלץ לבסס את ההסבר של הבקרה כדרך לשלילת הסבר חלופי (ראו הדוגמאות לעיל). כדאי לזמן מצבים שבהם התלמיד יצטרך להציע הסברים חלופיים להשערה, גם אם אינו נדרש או שאינו יכול מסיבות טכניות ואחרות לבדקם בניסוי.

ב. "הסבר" שטחי ולא מדויק של טיפולי בקרה

שגיאות אלה נובעות משימוש במושגים "בקרה פנימית" ו"בקרה חיצונית", בלי שהתלמיד מבין את מהות הבקרה. כדי לסייע לתלמיד להגיע להבנה משמעותית של הבקרה, רצוי להימנע משימוש בסיסמאות המבוססות על שינון ולהעדיף דיון במציאת הסברים חלופיים להשערה.

בנוסף, רצוי שהתלמידים יתרגלו מצבים (בניסוי או "בניסוי יבש"), שבהם בטיפול הבקרה התוצאה איננה 0, כלומר יש להתחשב בתוצאות המתקבלות בטיפול זה

לצורך הסקת המסקנות מהניסוי (ראו בטבלה להלן, בחינת בגרות במעבדה תשנ"ו 2).
אמצעי נוסף העשוי לחשוף את קשיי התלמיד ולאפשר למורה לטפל בהם, הוא
דיון בזהיו מרכיבי הניסוי וביזהיו סוג הבקרה או/ו מאפייניה. ראוי לציין, כי הניסויים
בבחינות הבגרות והשאלות המלוות אותם לא נכתבו למטרות הוראה. לפיכך,
כאשר אנו משתמשים בניסויים במהלך ההוראה, ראוי שנוסיף עליהם שאלות
וננסה לברר מה מבין כל תלמיד בהקשר למערך הניסוי ולבקרה

ג. חוסר הבחנה בין בקרה לחזרות

כדאי להדגיש את ההבדל בין בקרה לחזרות. הבקרה מקנה למסקנות תוקף,
ומאפשרת לאשש את ההשערה ולשלול את ההסברים החלופיים. חזרות על
הניסוי וקבלת תוצאות דומות תומכות בכך שהתוצאות אינן מקריות, דבר שמגדיל
את מהימנות המסקנה.

ד. קושי בתכנון בקרות המתאימות להשערה הנבדקת ולשיטת המדידה

קושי זה נובע מכך שתכנון בקרה מתאימה להשערה נבדקת (או הסבר בקרה)
דורש הבנה של כל מערך הניסוי: המשתנים, שיטות המדידה והגורמים הקבועים.
מומלץ להסביר לתלמיד את העיקרון (כימי, פיזיקלי) שעליו מבוססת שיטת
המדידה, שכן במקרים רבים יש לתכנן בקרה לבדיקת שיטת המדידה.
כדי לאפשר הזדמנויות לדיון בנושא בקרה, מומלץ לכלול שאלות הנוגעות לאפיון
הבקרה.

זנספח הזא כאלול שאלול הקשורות אהנה של אשרך הניסוי
והבקרה, שאולך איקטען מאקורות אמיתים: זחינה זלרות
זמשדה, אולדן ניסויים זבולוליה, זחינה זלרות סיוניו וניעו
מאמרים.



לקט שאלות בנושא בקרה

מאת **אורה הירש** ושרה ורטהימר, מנחות ארציות לביולוגיה

להלן מובאות שאלות הנוגעות לבקרה, שאותן לקטנו ממקורות אחדים (בחינות בגרות, אוגדן ניסויים בביולוגיה ועוד). מראה מקום של כל אחת מהשאלות יאפשר לקורא לברר את ההקשר שבו נשאלו, ולשנותן על פי הבנתו. ההערות הדידקטיות המצורפות יסייעו לקורא להבחין בין שאלות שבהן ניתן להסתפק בתשובה כללית ושטחית, לבין אלה שבהן נדרש הסבר מהות הבקרה וחשיבותה. בהכללה ניתן לומר שהבקרה מאפשרת הסקת מסקנות או מקנה תוקף למסקנה. אין להסתפק בתשובה כללית זו, ובכל אחת מהדוגמאות רצוי לברר האם נדרש שינוי בשאלה, כך שהתלמיד יידרש להסביר מדוע אי אפשר לאשש את ההשערה בלי טיפול הבקרה, או מהו ההסבר החלופי שבקרה זו מאפשרת לשלול.

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידיקטיות
מעבדה, תשל"ט, בעיה 90*	דיפוסיה ושטח פנים בגזר	13, חלק א'	מה תפקידה של מבחנה מס' 3?	התשובה "בקרה" אינה מעידה, כמובן, על הבנת חשיבותה של הבקרה. כדאי להימנע משאלה זו. "תשובה אפשרית": תפקיד המבחנה להחזיק את הנוזל בתוכה...

* הדוגמאות לקוחות מלקט בעיות למעבדה החוקרת בביולוגיה (5 יח"ל).

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מעבדה, תשנ"ו (5), בעיה 135*	חיידקים בחלב	14, חלק ב'	איזה מידע על הניסוי ניתן לקבל מבדיקת מבחנה 5? מבדיקת מבחנה 6?	מבחנה 5 מכילה חלב מעוקר עם מתילן כחול, ומבחנה 6 מכילה מתילן כחול בלי חלב. תלמיד יכול לזהות כי אלה טיפולי בקרה, ולתאר את התוצאה הצפויה במבחנות אלה (אין שינוי בצבע מתילן כחול בחלב מעוקר, אין שינוי צבע בלי חלב טרי). השאלה אינה מכוונת להסבר על חשיבות הבקורות.
מעבדה, תשנ"ב (1), בעיה 143*	בופר בתפוח אדמה	8, חלק א'	ציין מרכיבי ניסוי חשובים נוספים למערך שהצעת.	תלמידים יודעים שבכל ניסוי צריכה להיות בקרה, על כן עשויים להשיב לשאלה: בקרה, חזרות, גורמים קבועים, בלי להבין את חשיבותו של כל מרכיב.
מעבדה, תשנ"ב (3), בעיה 145*	פוטוסינתזה	13, חלק ב'	האם יש בניסוי זה בקרה? נמק.	"תשובה אפשרית": כן, כי לכל ניסוי צריך שתהיה בקרה

* הדוגמאות לקוחות מלקט בעיות למעבדה החוקרת בביולוגיה (5 יח"ל).

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מעבדה, תשנ"ה (2) בעיה 153*	אוסמוזה	13, חלק ב'	מה הייתה הבקרה בניסוי שערכת? הסבר.	התלמיד מזהה בדרך כלל את טיפול הבקרה בין כל הטיפולים. ההסבר יכול להתייחס לזיהוי הבקרה, לא בהכרח לחשיבותה.
בחינת בגרות עיונית, תשנ"ה (שאלון 920331)	השפעת חומרי דיגיטליס על תהליכים המתרחשים בתא	17, פרק ג'	הועלתה גם השערה כי החומר דמוי הדיגיטליס המצוי בבע"ח מקורו במזון הצמחי שהם אוכלים. באחד הניסויים הושוותה רמת החומר דמוי הדיגיטליס בדמם של אוגרים, שמזונם הצמחי מכיל כמות גדולה של דיגיטליס, לרמת החומר בדמן של חולדות שמזונן הצמחי מכיל כמות קטנה של חומר זה. האם תוכל להסיק מניסוי זה שהחומרים דמויי הדיגיטליס בדמם של אוגרים וחולדות – מקורם במזון הצמחי? הסבר.	בניסוי המתואר יש שני משתנים בלתי תלויים ואי אפשר להסיק מסקנות בלי בקרות מתאימות. עיינו במאמר של ר' מנדלוביץ "החשיבה המדעית ומיומנויות החקר" בעלון למורי הביולוגיה, 147, 1996.

* הדוגמאות לקוחות מלקט בעיות למעבדה החוקרת בביולוגיה (5 יח"ל).

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מעבדה, תשנ"ו (2) בעיה 155*	פעילות האנזים קטלאז	12, חלק ב'	מה תורמת התוצאה במבחנה 1 להבנת תוצאות הניסוי?	מבחנה 1 היא בלי מי חמצן, והיא בקרה לשיטת המדידה. את התוצאה במבחנה זו צריך להחסיר מכל אחת מהתוצאות האחרות בניסוי.
מעבדה, תשנ"ז (1)	פעילות עמילאז בנבטים שהונבטו בתמיסת מלח	10, חלק ב'	מה חשיבות בדיקת העמילן במבחנה 3 בתחילת הניסוי ובסופו?	הבקורות הן חלק ממערך הניסוי שהתלמיד ביצע. התלמיד נדרש לנסח את "ההסבר החלופי".
מעבדה, ניסוי 3, נושא גלגולי אנרגיה, עמ' 27 אוגדן ניסויים	נשימת זרעים נובטים	11, חלק ב' 12, חלק ב'	בניסוי שביצעת חסרה בקרה. מהי, לדעתך, הבקרה המתאימה לניסוי? הסבר כיצד תוכל להשתמש בתוצאות של מבחנת הבקרה שהצעת, כדי לשפר את מהימנות הניסוי.	התלמיד נדרש לתכנן את הבקרה המתאימה, ולהסביר את השימוש בתוצאות הבקרה.

* הדוגמאות לקוחות מלקט בעיות למעבדה החוקרת בביוכימיה (5 יח"ל).

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מעבדה, תשנ"ח (1)	פעילות האנזים אינברטאז בשמרים	13, חלק ב'	במערך הניסוי כלולות מבחנות בקרה. בטבלה שלפניך מוסברת החשיבות של כל אחת ממבחנות הבקרה. ...רשום את המספר של המבחנה המתאימה לכל אחד מההסברים. הבקרה מאפשרת לבדוק ש... ■ לא כל החומרים שבתסנין שמרים גורמים להיעלמות הצבע של $KMnO_4$. ■ לא הסוכרוז גורם להיעלמות הצבע של $KMnO_4$.	בטבלה נתונים ההסברים החלופיים. התלמיד נדרש לשייך את טיפולי הבקרה להסבר החלופי שאותו שוללים.
מעבדה, תשנ"ח (4)	נשימה בבננה בוסר	61, חלק ב'	איזו בקרה היית מציע להוסיף למערך הניסוי? הסבר.	בגלל אילוצי הבחינה לא נכללה בקרה במערך הניסוי. התלמיד יכול להציע בקרות שונות ולהסביר מדוע יש צורך בבקרה.

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מעבדה, תשנ"ט, בעיה 5, חלק ב'	השפעת אור וחושך על תהליכים המתרחשים בעלים ירוקים	75	האם נכון היה לערוך את הניסוי בלי מבחנה 3? נמק.	מבחנה 3 הייתה טיפול בלי גורם קבוע (עלים). תלמידים מזהים שטיפול זה הוא בקרה, ומתארים את תכולתה. במקרים רבים אינם מסבירים את חשיבות הבדיקה. דרישה לנסח את ההסבר החלופי שניתן לשלול בעזרת בקרה זו, מונעת שימוש בסיסמאות.
מאמר מחקר: איך מזהים נמלה באורך.../ א' דנין**	יחסי גומלין בין נמלים וצמחים (גדיין וברקן)	7	א. האם כלולות בקורות בניסוי? פרט. ב. האם נערכו חזרות בניסוי? פרט.	שאלות המאפשרות להבחין בין בקרה לחזרות.
מאמר מחקר: אולימפיאדה תשנ"ט, לקט מאמרים באקולוגיה, תשס"ג 2002	שונית האלמו- גים באילת בסכנה	ט'	בהתייחס למחקר שנעשה באלמוגים בים התיכון: א. הצע בקרה נוספת למחקר. ב. במה הבקרה תסייע לביסוס המסקנות מהמחקר?	הצעות לבקרות שונות והבנת תרומת הבקרה לאישוש ההשערה או לביסוס המסקנה.

** מתוך "איך לקרוא מאמר מדעי" מאת ל' פלד ויח' ברנהולץ

מקור השאלה	נושא	מס' שאלה	שאלות הנוגעות לבקרה	הערות דידקטיות
מאמר מחקר: אולימפיאדה תשס"ב, לקט מאמרים באקולוגיה, תשס"ג 2002	חיידקים מדבירים	ד'	בניסוי 1 תוארו שתי בקרות. ציין מה היו הבקרות, והסבר מדוע היה חשוב לכלול כל אחת מהן במערך הניסוי.	נדרש ניסוח הסברים חלופיים להשערה הנבדקת, הסברים שאותם ניתן לשלול באמצעות הבקרות המתוארות במאמר.
מעבדה, תשס"ג, בעיה 1, שלב ב' (שאלון 043005)	השפעת דרגת pH על פעילות אנזים פפסין	4, 5	הסתמך על מערך הניסוי, והסבר מדוע בניסוי אין לשלול את האפשרות שהחלבון התפרק בהשפעת חומצה בלבד (בלי אנזים). הצע בדיקה שבאמצעותה תוכל לשלול את האפשרות...	בגלל אילוצי הבחינה חסרה בניסוי בקרה. עיין במאמר לעיל דוגמה ב'.
מעבדה, תשס"ג, בעיה 1, 3 יח"ל (שאלון 920604)	בדיקת תהליך נשימה בתפוח אדמה	4	מבחנה 2 היא מבחנת בקרה. מדוע חשוב לכלול אותה במערך הניסוי?	

* הדוגמאות לקוחות מלקט בעיות למעבדה החוקרת בביולוגיה (5 יח"ל).

** מתוך "איך לקרוא מאמר מדעי" מאת ל' פלד ו'ח' ברנהולץ



מה בין תצפית מכוונת לבין ניסוי מבוקר?

מתוך הספר:

תוכנית הבידוע – התנסות תלמידים במחקר, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית ירושלים, תשס"ג

במדעי הטבע משתמשים בעיקר בשני כלי מחקר: ניסוי מבוקר ותצפית מכוונת. הניסוי המבוקר והתצפית המכוונת הם תהליכים מתוכננים מראש. הם שונים **מתצפית ראשונית** שבה מבחינים לראשונה בתופעה או בתהליך באופן אקראי.

תצפית מכוונת היא חקירה של תופעה ללא התערבות החוקר, תוך צפייה שיטתית, מתוכננת ומסודרת. התצפית משקפת את המציאות, אך אי אפשר לשלוט בגורמים המשפיעים על התופעה.

ניסוי מבוקר הוא חקירתה של תופעה מסוימת במעבדה או בשדה, תוך התערבות החוקר וקביעת תנאי המערכת. בניסוי מסוים משנים באופן מכוון גורם אחד בלבד, ומקפידים ששאר הגורמים יישארו קבועים (כלומר – באותו הערך), בכל הטיפולים. בדרך זאת ניתן ללמוד על השפעתו של גורם זה על התופעה הנבדקת.

דוגמה

בעת סיור בשדה, תלמיד הבחין שחרציות הגדלות באזור מוצל גבוהות יותר מחרציות הגדלות באזור מואר. הוא שאל את עצמו, מה הקשר בין עוצמת האור לגובה החרציות? השערות הייתה, שכל שעוצמת האור גדלה, גובה החרציות קטן. התלמיד חשב על שתי דרכים לבדיקת השאלה: להשוות את גובהם של 20 צמחי חרצית הגדלים באזור מוצל לעשרים צמחי חרצית הגדלים באזור מואר של אותה החצר, ולחזור על המדידה בשתי חצרות אחרות בעלות תנאים דומים. דרך אחרת היא, לגדל במעבדה צמחי חרצית בעוצמות אור שונות, ולבדוק, לאחר פרק זמן, את ההבדלים בגובה הצמחים. הדרך הראשונה היא תצפית מכוונת והשנייה היא ניסוי מבוקר.

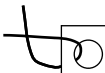
יתרונותיה של התצפית המכוונת הם שיקוף המצב האמיתי בטבע, והעובדה שאין צורך בהקמת מערכות מורכבות. החיסרון העיקרי הוא הקושי להבטיח שרוב הגורמים המשפיעים על התופעה יישמרו קבועים.

יתרונו של הניסוי המבוקר הוא היכולת לשנות גורם אחד בלבד באופן מבוקר, ולהקפיד (גם לאורך זמן) שיתר הגורמים המשפיעים על התופעה יישמרו קבועים. כך אפשר להתמקד בגורם זה, ולבדוק את שיעור השפעתו על התופעה או על התהליך. כשמדובר בתופעה המתרחשת בטבע, אי אפשר לחקות במעבדה את כלל הגורמים. ייתכן שעצם העברתו של האורגניזם לתנאי מעבדה תשפיע על תוצאות הניסוי. **זהו חיסרון של הניסוי המבוקר.**

קשה להכליל ולומר מתי מתאים לתכנן ניסויי מבוקר ומתי יש לתכנן תצפית מכוונת. הבחירה תהיה בהתאם לאופי השאלה. במקרים מסוימים, כמו זה שתואר בדוגמה, אפשר לבדוק שאלה בשתי הדרכים וכך לקבל תמיכה נוספת במסקנות.



דף הנחיות לתיאור מורפולוגי של צמח (לתלמידי 5 יח"ל)



שיוך סיסטמטי

משפחה _____
סוג _____
המיקום בבית הגידול שבו נאסף/נצפה _____
תאריך או תאריכי האיסוף/הצפייה _____
צורת חיים:
עצים/שיחים/בני שיח/מטפסים/עשבונים _____

גבעול

צבע הגבעול: ירוק/אינו ירוק/ירוק בחלקו
הימצאות מבנים על הגבעול: שערות/זיפים/קוצים/אחר: _____
סימנים מיוחדים: שרוע/רתמי/בשרני/בעל שרף/מיץ חלבי/
אחר: _____

עלה

עלה פשוט/עלה מורכב
עלי לוואי: יש/אין
עלה יושב/בעל פטוטר עמדת העלה: זקוף/אופקי/
אחר: _____
צבע העלה _____

סימנים מיוחדים:

עלה גדול יחסית/עלה קטן יחסית/
בשרני/בעל קבוקנות/קוצני/שעיר/ריח/
אחר: _____

אם העלה שעיר, היכן השערות: צד עליון/צד תחתון

פרח

סידור:

בודד/תפרחת

אם תפרחת, איזו? _____

סימטרי:

נכונה/בלתי נכונה

פרח:

חד־מיני/דו־מיני

פירוט תכונות הפרח:

יש להשלים את הטבלה

סימנים מיוחדים	מספר	צבע	תכונות
			חלקי הפרח
			עלי גביע/עטיף גביעוני
			עלי כותרת/עטיף כותרתי
			אבקנים
			עמוד עלי
			צלקות

סימנים מיוחדים:

צוף/ריח/שערות/אחר: _____

פרי (אם לא זיהית פרי וזרעים תוכל להיעזר במידע מהספרות)

סימנים מיוחדים לפרי:

צבע/שעירות/קוצניות/תוספות שונות/עסיסי/יבש

סימנים מיוחדים לזרע:

צבע/תוספות/אחר: _____

התאמות

בחרו שלוש מבין התכונות של הצמח שאותן ציינת בתיאור. לגבי כל אחת מהתכונות* שבחרת, ציין מהי ההתאמה ולאיזה נושא, מבין הבאים, היא מסייעת (הכוונה לשייך התאמה מסוימת לנושא):

- התאמת האורגניזם לתנאי בית הגידול (ציין באיזה בית גידול ההתאמה היא יתרונ);
- מניעה של אכילת הצמח על ידי בעלי חיים;
- דרך ההאבקה של הצמח;
- הפצת זרעים.

צרכו צילום של הצמח שצולם על ידכם.
ציין את מאפיין הצילום.

דף הנחיות לתיאור מורפולוגי של בעלי חיים

שיוך סיסטמטי

מערכה _____

מחלקה _____

משפחה _____

סוג _____

מין _____

המיקום בבית הגידול שבו נאסף/נצפה _____

תאריך או תאריכי האיסוף/הצפייה _____

מבנים

אומדן ממדי הגוף

אורך ורוחב הגוף

שאינו כולל את הגפיים _____

צורת הגוף:

מאורך/מעוגל/שטוח/

אחר: _____

כיסוי גוף:

קוטיקולה/קשקשים/שריון/קונכייה/נוצות/שערות/

אחר: _____

צבע הגוף

אם יש הבדלים בצבע בחלקים שונים של הגוף

תאר אותם _____

דגם של צבע _____

תוספות על חלקי הגוף השונים: זיזים/בליטות/קרניים/אחר: _____

גפיים

רגליים:

יש/אין

אם יש רגליים, מספרן _____

סימנים מיוחדים:

ציפורניים/טפרים/פרסות/קרומי שחייה/אחר

איזה? _____

יש/אין

כנפיים:

אם יש כנפיים, מספרן _____

צבען _____

דגם של צבע _____

סנפירים:

יש/אין

זנב:

יש/אין

איברי חושים

עיניים:

מספר/צורה/גודל/צבע/מיקום בראש/

עין פשוטה או מורכבת

אוזניים:

יש/אין אם יש: צורה/גודל

מחושים:

יש/אין

אם יש, מספר _____

פה:

בעל שיניים/מקור/גפי פה/

אחר: _____

זוויג הפרט:

אם ניתן להבחין: זכר/נקבה

מומלץ לבחור בעלי חיים מאחת המערכות האלה: פרוקי רגליים, נבוביים, רכיכות, קווצי עור או בעלי חוליות.

התאמות

בחר שלוש מבין התכונות של הצמח שאותן ציינת בתיאור. לגבי כל אחת מהתכונות* שבחרת, ציין מהי ההתאמה ולאיזה נושא, מבין הבאים, היא מסייעת (הכוונה לשייך התאמה מסוימת לנושא):

* תכונה אחת יכולה להתאים לכמה נושאים.

- התאמת האורגניזם לתנאי בית הגידול (ציין באיזה בית גידול ההתאמה היא יתרון);
- הגנה מפני טרפה;
- השגת מזון;
- תקשורת בין־מינית או תקשורת תוך־מינית.

צרכו ציזום של זעל החיים שצזום על ידכס.
ציינ אל אאריך הצזום.



מהות המחקר האקולוגי¹

מאת ד"ר רות אמיר

המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים

הצגת הבעיה

בעת הכנת הכיתה לקראת ביצוע העבודה האקולוגית, מומלץ לערוך דיון ב"מהות המחקר האקולוגי". הצורך בדיון זה נובע מטענה שמושמעת לעיתים קרובות, כי "המחקר האקולוגי איננו מחקר אמיתי", וממנה משתמע שהמורים אינם רואים בעבודה האקולוגית "עבודת מחקר", ומעבירים תחושה זו גם לתלמידיהם. אולם חשוב לזכור, שבאמצעות העבודה האקולוגית ניתנת לתלמיד הזדמנות לפגוש מחקר אמיתי בתחום ביולוגי, ובכך מתחזקות אצלו מיומנויות חשובות בתחום הביולוגיה, כמו: תצפיות, דיווח ומיומנויות החקר. למרות זאת, יש מורים שמתייחסים למחקר האקולוגי בזלזול מסוים, בעיקר כאשר הם משווים אותו למחקרים המתבצעים במעבדות משוכללות. בעקבות ממצב זה חלה ירידה בהכרת חשיבותה של העבודה האקולוגית.

החקר בתוכנית הלימודים בביולוגיה

תוכנית הלימודים בביולוגיה שמה דגש על "לימוד הביולוגיה כחקר", כלומר, על השילוב בין הוראת התכנים עצמם לבין הוראת הדרכים, השיטות ודרכי החשיבה של המדענים החוקרים, שהובילו להצטברות הידע בביולוגיה ולביסוסו. בכל מרכיבי התוכנית (העיוני, המעבדה, העבודה האקולוגית והבידוע) יש הזדמנות לפגוש את המחקר בביולוגיה, ולהכיר את דרכי החשיבה ואת המיומנויות הייחודיות של תהליך החקר. אולם, בעוד המפגש עם החקר באמצעות לימוד עיוני או ניסוי במעבדה מרוחק מהעבודה שעושה המדען, הרי שמה שתלמיד עושה במהלך העבודה האקולוגית יכול להיות הדבר הקרוב ביותר למה שעושה המדען האקולוגי.

1 תודה לרותי מנדלוביץ, לדבורה שפירא, לאילנה אדר, לאורה הירש ולד"ר שמואל אמיר על הערותיהם.

המחקר האקולוגי: מעט היסטוריה

תחום המחקר באקולוגיה הוא צעיר לימים, יחסית לתחומי מחקר אחרים בביולוגיה. מחקר שיטתי באקולוגיה החל רק לפני מעט יותר ממאה שנה, ועיקרי השיטות, העקרונות והתיאוריות הם פרי מחקרים במאה ה־20. בתחילת המאה ה־20 המוטיבציה העיקרית לעסוק באקולוגיה (בעיקר בארה"ב) נבעה מהמשמעות של האקולוגיה בחקלאות, ומרצון לתת לחקלאות בסיס מדעי מוצק. תאוצה רבה צבר המחקר האקולוגי החל בשנות ה־60 של המאה ה־20, עקב המודעות שהתעוררה בציבור בנוגע למעורבות האדם במערכות האקולוגיות, ולפגיעה באיכות הסביבה הנגרמת מכך. התעורר צורך לפתור בעיות ולהחליט על מדיניות לטיפול בקִשְׁלִים קיימים, ולמנועת כשלים בעתיד. הבנת העקרונות הבסיסיים באקולוגיה היא המפתח להבנת הבעיות הנוגעות למעורבות האדם בסביבה ולהשפעתו על איכות הסביבה. המודעות הציבורית הנרחבת הקנתה למושג "אקולוגיה" גם משמעות יום־יומית, והמושגים "אקולוגיה" ו"איכות סביבה" משמשים לעתים בערבוביה בקרב תלמידים, בציבור ובאמצעי התקשורת.²

המורכבות של האקולוגיה

לעתים הנושא "אקולוגיה" נתפס כנושא קל. אולם למעשה, הנושא אינו "קל", והוא מורכב אף יותר מנושאים אחרים בביולוגיה. המורכבות הזו נראית לעין כבר במבט שטחי: האקולוגיה עוסקת במיליוני מינים, שחיים יחד לאורך זמן ומקיימים ביניהם יחסי גומלין מורכבים ומגוונים בתוך עולם (סביבה) שמשתנה בלי הרף. על המורכבות אפשר ללמוד מהגדרה של אקולוגיה שניתנה על ידי Likens ב־1992:

"אקולוגיה היא: האינטראקציה בין האורגניזמים והסביבה. היא עוסקת בהשפעת האורגניזמים על הסביבה, וההשפעה של הסביבה על האורגניזמים, וכן על האינטראקציה בין האורגניזמים והסביבה".

2 ראו הגדרה של אקולוגיה בעמוד זה. התחום "איכות הסביבה" שם את האדם במוקד ועוסק בהשפעות הגומלין אדם-סביבה.

בהגדרה זו מבוטאים מטרת המחקר האקולוגי – הלימוד המדעי – והמשתנים התלויים המאפיינים את המחקר בתחום:

שפע (כמה יש?),

תפוצה של אורגניזמים (היכן ומתי נמצא אותם?),

יחסי גומלין (מי בעד מי? מי נגד מי? מי יחד עם מי?),

ומעברי אנרגיה וחומרים (מה קורה ובאיזה קצב?).

המורכבות של הידע באקולוגיה נובעת מהעובדה שהתופעות באקולוגיה מתרחשות בכמה צירים במקביל:

ציר ביולוגי (ציר רמות ארגון), **ציר של זמן**, **ציר של מרחב**.

ציר רמות הארגון

המחקר האקולוגי משתרע על פני כמה רמות ארגון, ואינו מצטמצם לרמת ארגון יחידה, כמו למשל בביוכימיה (רמת הארגון של התא והתהליכים בו), או בפיזיולוגיה (רמת הארגון של האורגניזם ומערכותיו). כל רמת ארגון שנחקרת באקולוגיה נחשבת לתת־תחום בעל שם משלו (טבלה 1).

טבלה 1: תת־התחומים במחקר האקולוגי על פי רמות הארגון בטבע

מה נחקר?	רמת הארגון	תת־תחום
התאמה, פיזיולוגיה והתנהגות של מין מסוים.	פרטים (של מין מסוים)	Autecology
מאפיינים ותהליכים באוכלוסייה מסוימת.	אוכלוסייה (מין)	Population ecology
מאפיינים ותהליכים בחברה, כולל יחסי גומלין, מעברי האנרגיה והתפתחות של חברה (סוקצסיה).	חברה	Community ecology
המרכיבים הביטויים והאביוטיים ופעולות הגומלין (האינטראקציות) ביניהם.	מערכת אקולוגית	Ecosystem ecology
מאפיינים ותהליכים ביחידת נוף כולל הגיאומורפולוגיה שלה.	יחידת נוף	Landscape ecology

כיום, עם התרחבות המחקר הגנומי, נוצר מרחב חדש למחקר אקולוגי הנעזר בשיטות וברעיונות הלוקחים מתחום הגנומיקה והביואינפורמטיקה וקושר בין אירועים בסביבה לבין אירועים בתא.

דולמה:

איך משפיע שינוי סביבה (למשל: עלייה בריכוז CO₂ באוויר)
על התבטאות הגנים?

צירי הזמן והמרחב

רמת הארגון שבה עוסק מחקר אקולוגי קשורה בהכרח לשני הצירים האחרים: ציר הזמן וציר המרחב. מחקר בשאלה הנוגעת לפרטים יכול להימשך זמן קצר יחסית (עונה, שנה), ואילו המחקר העוסק במערכת אקולוגית מתייחס לשאלות שבהן למרכיב הזמן יש משקל רב, ומדידת המשתנים התלויים נמשכת זמן ארוך מאוד (לעיתים שנים רבות).

כך גם לגבי המרחב. מחקר באורגניזם יכול להיעשות בשטח טבעי רחב, או בשטח טבעי צר ממדים, ואף במעבדה, הרחק ממקום החיות הטבעי של האורגניזם. לעומת זאת, בחקירת מערכת כמו אגם או יער, או יחידת נוף (למשל: הכינרת ואגן ההיקוות שלה) עוסקים במרחב גדול הרבה יותר (דוגמאות בטבלה 2). כמה מהשאלות המעסיקות היום את האקולוגים, כמו התחממות האטמוספירה והחור באוזון, נוגעות לתהליכים המתרחשים במרחב גדול מאוד – כדור הארץ והאטמוספירה שלו, ולאורך שנים רבות.

טבלה 2: שאלות מחקר, רמת הארגון וצירי הזמן והמרחב

שאלת מחקר	רמת ארגון	ציר זמן	ציר מרחב
מה הקשר בין טמפרטורת הסביבה לבין נביטה של צמח מסוים?	מין מסוים	שעות עד ימים	צלחת, עציץ
מהם השינויים בגודל אוכלוסיית הצבאים ברמת הגולן במהלך שנים?	אוכלוסייה	שנים אחדות	מאות דונמים
מה קורה לחברות הצומח בשטח שנחשף לרעייה?	חברה	שנה עד שנים אחדות	עשרות קמ"ר
מהי השפעת הזרמת ביוב לחיים בנחל ובגדותיו?	יחידת נוף	שבועות עד שנים אחדות	הנחל וגדותיו

מטרות המחקר באקולוגיה

המטרות של כל מחקר מדעי, ובכך אין האקולוגיה יוצאת דופן, הן להבין את התופעות כך שאפשר יהיה להסביר את גורמיהן, את מהלכן ואת השפעתן. מתוך ההבנה והיכולת להסביר, עולה גם הסבירות שאפשר יהיה לחזות מה יקרה בעתיד. כלומר, ממצאי המחקרים מאפשרים ליישם את הידע האקולוגי במערכות טבעיות ובמערכות שבהן נִפְקֶר מעורבות האדם, ובהן גם מערכות חקלאיות. היכולת לחזות תופעות ושיעורי תהליכים חשובה, למשל, כאשר מעוניינים לעקוב אחרי התפרצויות של ארבה, או כאשר רוצים להציע אסטרטגיות לפיתוח בר-קיימא של משאבי הטבע.

גם מדיניות לשימורם בטבע של מינים נדירים, או של מינים בסכנת הכחדה, יכולה להיעזר בתחזית המתבססת על ידע שנצבר במחקרים.

גישות למחקר באקולוגיה

המחקר באקולוגיה מתנהל בשלושה מעגלים, שקיימת ביניהם חפיפה מסוימת:



חקירת הטבע (Natural History) הייתה בעבר, והיא גם היום, אבן יסוד במחקר האקולוגי. הנתונים הנאספים בתצפיות שיטתיות³ בבתי הגידול השונים הם אוצר בלום של ידע. די אם נזכור שדרווין הגיע לרעיונותיו על אודות האבולוציה, כאשר ערך וארגן באופן שיטתי את הרשימות המפורטות המתארות את התצפיות שערך בעת מסעו בספינה בִּיגֶל. אולם, אוסף הנתונים והתצפיות אינו הסבר לתהליכים המתרחשים במערכת אקולוגית, והוא כשלעצמו אינו יכול לשמש כלי לחיזוי תופעות.

תצפית מובילה לניסוי

תצפיות שיטתיות וניסויים הם שני כלי חקירה ראשוניים של האקולוג. לתצפיות יש תפקיד חשוב כאשר החוקר מגיע לאזור בלתי מוכר לו. השאלות שמכוונות את התצפית (כמו למשל: מה אוכל היערון? באיזו עונה הצמח מייצר פירות?) הן לכאורה פשוטות, ואין בכוחן לספק הסבר לתופעות. הן חשובות כשלעצמן, וגם משום שהן ממקדות את התצפית ויכולות להיות נקודת המוצא של מחקר ניסויי, שמטרתו להגיע גם אל הסבר התופעה. כדי להבין משהו, צריך לתאר את מה שרוצים להבין. אחת

3 בשונה מתצפית מקרית, שאינה מבוססת על שאלה ממוקדת ואינה מובילה להמשך המחקר.

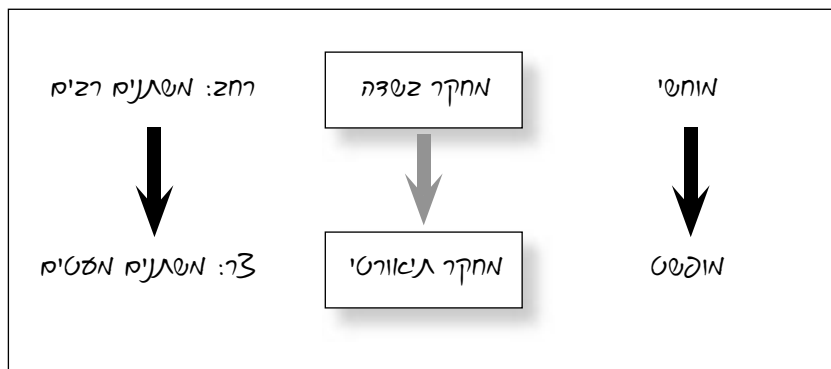
המטרות החשובות של תצפיות בטבע לאורך ציר זמן, או לאורך ציר מרחב, היא לזהות דגמים (patterns) בטבע, כמו למשל: השתנות הצבע בפרח לאורך זמן, או חיגור הצמחייה בדיונות על שפת הים. התיאור המפורט – תוצר התצפית – יכול להוביל להסבר אפשרי, כלומר: להשערה. כדי לבחון את ההשערה/לבסס את ההסבר הזה, אפשר לערוך ניסוי מבוקר בטבע או במעבדה, או להשתמש במודל תיאורטי.

גישות במחקר ניסויי באקולוגיה

במחקר הניסויי באקולוגיה יש כמה גישות:

1. מחקר בשדה;
2. מחקר במערכת שגבולותיה מוגדרים ומצומצמים (Enclosure)⁴ או "עולמונים" (Microcosmos);
3. מחקר במעבדה⁵/בחממה;
4. מחקר תיאורטי באמצעות מודלים מתמטיים.

המחקר בשדה והמחקר התיאורטי נמצאים בשני קצותיו של רצף אחד, שמוביל מן הרחב והמוחשי ביותר אל הצר והמופשט ביותר.



4 ראו: אמיר, ר' (1996) ארנבות וטורפיהן ביערות צפון אמריקה (הזמנה לחקר), עלון למורי הביולוגיה 82-78, 147.

5 ראו: אמיר, ר' (2005) טבע בעולם משתנה, מאמר 3: צמצום של המגוון הביולוגי עשוי לשנות את התפקוד של מערכות אקולוגיות. עמודים 83-79.

מחקר בשדה מעורר קשיים מסוימים, שפוגמים במהימנות ובתוקף שלו: אין כמעט אפשרות לבצע חזרות, יש קושי לבקר משתנים ולשמור על קביעות של גורמים מסוימים, הזמן הנדרש הוא לרוב ארוך. כל הקשיים הללו מצטמצמים עד למאוד בגישות 2-3, ובכך יתרון: הממצאים נאספים בזמן קצר, אפשר להציב בקלות מתאימות ולשמור על גורמים קבועים. החסרונות הם, הקושי ליישם על בעיות סביבתיות, והסכנה שבהכללה לרמות הארגון של חברה ומערכת אקולוגית, וכן לקני מידה רחבים יותר של זמן ומרחב.

דוגמה:

אחת השאלות ה"בוערות" ביותר באקולוגיה היא: האם המליון הזיוולטי חשוב למערכת האקולוגית? לא קשה להבין שד כמה העבודה לשאלה זו מהותית לצורך התוויית מדיניות של שמירת מינים בטבע, ואפילו לעצם השאלה האם חשוב לשמור אותם? מחקרים ראשוניים בשאלה זו נעשו למערכות של "עולמונים" במעבדה או בחממה, או למערכות טבעיות אך מוגבלות במרחב ובזמן. המשמעות של גווצ'און מחקרים כאלה לעני השאלה ה"גדולה" היא מוקד אוויכוחים ערים בקהילת החוקרים.

פיתוח של מודלים מתמטיים החל בתחילת המאה ה-20. לרבים מוכר המודלים המתארים את היחסים המספריים בין יצורים מתחרים ובין טורפים לנטרפים. המודלים פותחו בעקבות תצפיות רבות שנים בטבע, ומתוצאות ניסויים במעבדה⁶ שהראו תנודות בגודל האוכלוסיות. ברבות השנים מצאו המודלים את דרכם גם ללמודות מחשב. המודלים פותחו על ידי חוקרים⁷ שהגיעו אל האקולוגיה מתחומים אחרים כמו מתמטיקה ופיזיקה. במודלים כאלה מצמצמים עד למאוד את מספר המשתנים המעורבים בתהליך שרוצים לדמותו באמצעות המודל.

6 ראו: "פרקים באקולוגיה" עמוד 169.

7 שני חוקרים ידועים בתחום זה: A.J. Lotka; V. Volterra

40

צולמה:

המאד שזאמאצטו נאן אפשט אט השטענע לודאן ש' אוכאוסיוו
נטרפיש וטורפיהס אמחשט זמאפייניס שוניס ש' הטורל והנטרל,
כא, שיסור ההטרבות ש' כל מין ושיסור ההצלחה זטריפה (זאיוו
קאלט מציוח הטורל לזכוד אט טרפו). אואס, מרכיזיס רזיס
אחרים ש' המערכת האקולולית אינס כלואיס זמאד: זמינות
מזונ ש' הנטרל, טורפיעל הנזונים מהטורל ועוד.

שימו לב שגישות 2-4 מייצגות את ההשקפה (הרדוקציוניסטית), שניתן להבין מערכת מורכבת מאוד על ידי חקירת חלקים ממנה. כנגד זה, יש (הדוגלים בגישה מערכתית) הטוענים, שמחקר של חלק מהמערכת או מודל מתמטי אינו יכול לתאר באופן מלא את התהליכים ברמת החברה והאקוסיסטמה. כלומר: השלם איננו זהה בדיוק לסכום של חלקיו.

השאלות במחקר אקולוגי

השאלות שנשאלות במחקר אקולוגי קשורות לצירים שהזכרנו קודם לכן: רמות ארגון, ציר הזמן וציר המרחב, ומכוונות את בחירת הגישה המתאימה למחקר. התמקדות ברמת ארגון מסוימת מכוונת במידה רבה את השאלות של החוקר, ואת בחירת המשתנים של המחקר. השוואה בין השאלות למשתנים שיכולים לשמש כמוקד המחקר ברמות המין והמערכת תבהיר זאת (טבלה 3).

טבלה 3: שאלת מחקר ומשתנים ברמת הארגון של המין ושל המערכת האקולוגית

רמת ארגון הנחקרת		
מערכת אקולוגית: אגן ההיקוות של הכינרת		מין: צבאים
שאלת המחקר	מהי השפעת השינוי בכמות דהזרחן המגיעה למי הכינרת על הגורמים הביוטיים בכינרת?	מהו השפע של צבאים באזור א' בהשוואה לאזור ב'?
המשתנה (המשתנים) התלוי(ים)	השפע (כמה?), התפוצה (מתי ואיפה?), מהם יחסי הגומלין של האורגניזמים בכינרת?	השפע והתפוצה של המין באזורים השונים.
המשתנה הבלתי תלוי	כמות הזרחן המגיעה למי הכינרת לאורך זמן	אזור א' ואזור ב' (בהנחה שהם שונים זה מזה בתנאיהם).

הבחירה ברמת ארגון מסוימת כמוקד המחקר היא רלוונטית במחקרים הבודקים השפעות של שינויים טבעיים או מלאכותיים. תגובה לשינוי מצד פרטים של מין מסוים יכולה לשמש לניטור של זיהום בטווח זמן קצר (למשל: תגובת חזזיות לזיהום אוויר). שינוי באוכלוסייה יתבטא רק בטווח זמן ארוך יותר (כמו שקרה לאוכלוסיית העשים באנגליה). שינוי בהרכב החברה (סוקצסיה) יתבטא רק בטווח זמן ארוך עוד יותר.

ככל שעולים ברמת הארגון הנחקרת, עולה גם מספרם של המשתנים התלויים והבלתי תלויים שיש להביאם בחשבון. זהו אחד הקשיים העומדים בפני החוקרים את השפעת התחממות האטמוספירה על מערכות אקולוגיות.

8 ראו: רוזנפלד, א', גטריידה, ש' (2001) ההשפעה של פעילות האדם על פעילות הצבאים. בתוך: פארק טבע רמת הנדיב, לקט מאמרים באקולוגיה מעשית (עמודים 31-39).

בטבלה 3 הראינו שברמות ארגון שונות נשאלות שאלות שונות. אולם אפשר לבחון שאלה זהה ברמות ארגון שונות ו/או בצירים שונים של מרחב וזמן.

דוגמאות

יחסי טפיל-מאכסן לאורך ציר רמות הארגון הביולוגי: ברמת התא, האורגניזם, והחברה.

שאלה על **מקווי מים כבית גידול** יכולה להיבדק לאורך ציר של מרחב: המים הנקווים בנקבוביות בתוך עץ, שלולית עונתית או אגם.

הסוקצסיה במערכת אקולוגית – בשדה חקלאי שננטש, או באזור שנחשף עם נסיגת הקרחונים – נחקרת לאורך ציר זמן ארוך ונמשכת שנים רבות, אך ניתן לחקרה גם במערכות מצומצמות ובזמן קצר כמו בכבישת מלפפונים או בעמודת וינוגרדסקי⁹.

העבודה האקולוגית ו"שאלות אקולוגיות"

כיצד למקד את העבודה של התלמיד ולהדריך אותו בשילוב משמעותי של המעגל "טבע בשדה" ושל מעגל "הניסוי"?

כאמצעי עזר ראשון יכולה לשמש ההגדרה שהוצגה קודם לכן:



אקולוגיה היא: הלימוד המדעי של הגורמים ושל התהליכים המשפיעים על השפע ושל התפוצה של אורגניזמים, יחסי הגומלין בין אורגניזמים ומעבדי האנרגיה והחומרים.

השאלות המנחות את עבודת התלמיד צריכות להיות, קודם כול, מעוגנות בתחום כפי שהוא מתואר באמצעות ההגדרה לעיל.

9 מערכת אקולוגית שמתפתחת בתוך כלי צר על גבי שאריות אורגניות. עם הזמן מחליפות אוכלוסיות של חיידקים זו את זו במערכת.

כדי לקבוע את מטרות העבודה האקולוגית, נוח לסווג את השאלות לשני סוגים ולשני שלבים:

שלב ראשון:	שאלות אפיון:	מה יש בשטח? האם ניתן להבחין בדגמים?
שלב שני:	שאלות מחקר:	כדאי לנסות ולשאול שאלות מחקר שמטרתן להגיע להסבר. שאלות כאלה ניתן לחקור באמצעות תצפיות שיטתיות בשדה, או באמצעות ניסוי מבוקר בשדה או במעבדה: האם יש קשר בין הדגם שזיהינו לבין משתנים בלתי תלויים מסוימים?



דפי עזר לתלמידי י"א - שלבים בהכנת העבודה האקולוגית

מאת **אורה הירש**, מנחה ארצית לביולוגיה

רשימת השלבים:

1. צעדים ראשונים בביצוע עבודה אקולוגית;
2. מתקדמים בביצוע עבודה אקולוגית;
3. המלצות לבדיקת גורמים ביוטיים ואביוטיים;
4. מיומן תצפיות וסיכומים על האורגניזמים – עד לעבודה כתובה (סיכום ביניים);
5. רשימת מקורות מידע כללים להכנת עבודה אקולוגית.

1. צעדים ראשונים בביצוע עבודה אקולוגית

א. חפשו מקום מתאים/נושא מתאים שבו תרצו להתמקד בעבודתכם. אם בחרתם נושא או אם בחרתם מקום לביצוע העבודה, נסו לאתר תופעות הקשורות ליצורים החיים באותו המקום. התופעה שאתם מאתרים חייבת להדגים התרחשות ביולוגית בבית הגידול. ההתרחשות מושכת את תשומת לבנו על ידי השוואה: התופעה נראית במקום זה לעומת אחר, בזמן זה ולא אחר, ייחודית לפרטים מסוימים של אותו המין או שונה באורגניזם זה לעומת אחר. בתופעה מעורב אורגניזם שלם, הניתן לזיהוי ולתיאור, והיא מעוררת שאלות שישמשו בסיס לעבודתכם.

ב. הכינו תיקייה שבה תשמרו כל מה שתאספו במשך השנה הקרובה ונוגע

לעבודתכם:

- תצלומים של אורגניזמים שבהם אתם צופים, של בית הגידול, של חבריכם עוסקים במדידות, של ניסוי שאתם מבצעים וכל מה שמעיד על ביצוע העבודה.

זכרו: הצ'אוס היא דרך טובה לניסוח, הוא משמר את החוויה ואנשים יכול להיות חססים לשיטת מדידה.

- מוצגים: קטע קטן של צמח מיובש (פרח, גבעול, עלים), פרי יבש שאספתם וכו'.

זכרו: אין להשחית את הטבע, וככל שזה אין זקטון פרחים משנים אזורי העבודה.

- מאמר או כל קטע קריאה שנתקלתם בו ונוגע לנושא עבודתכם. רשמו את תאריך הפרסום על המאמר, ואת המקור שממנו הוצאתם אותו.
- 3. הכינו קובץ שבו תעדכנו באופן שוטף את כל הפרטים הביבליוגרפים של כל מקור מידע שקראתם בו או שהתבססתם עליו בהכנת סיכומים על אורגניזמים או על בית הגידול. כך הרשימה "תצמח" ועד למועד הכנת העבודה הכתובה ייאסף כל המידע (הנחיות לדרך רישום המקורות בחוברת זו בעמוד 22).
היעזרו ברשימת מקורות מידע הנמצאת בסעיף ה'.
- 4. הכינו מחברת (רצוי בעלת כריכה קשה) שבה תנהלו את יומן התצפיות. ביומן התצפיות רשמו כל מה שראיתם ובדקתם: מידע מילולי/תיאורי ותוצאות בדיקות. בשלב זה לא תוכלו עדיין לדעת מה יהיה רלוונטי לעבודה, בסופו של דבר, ולכן תעדו הכול. יש להקפיד לרשום את התאריך בכל תצפית. בצמוד לכל תיעוד, רשמו באיזו שעה צפיתם או מדדתם כל פרט. יומן התצפיות המקורי הוא חלק מהעבודה הכתובה, וזה בסדר גמור שיהיה גם מלוכלך מעט ואפילו מקומט משהות בשדה.
- 5. בביקורכם הראשון במקום ביצוע העבודה, הכירו את בית הגידול ובצעו כמה מדידות של גורמים אביוטיים וביויטיים. ביקור זה יאפשר לכם לתכנן את המשך עבודתכם. לפני היציאה לתצפיות הבאות, הכינו טבלאות לרישום תוצאות המדידות, ורשמו נוסח ראשוני לשאלות אפיון ולשאלות אקולוגיות. (הבחנה בין שאלת אפיון לבין שאלה אקולוגית ראו עמ' 18 בחוברת זו).

6. מומלץ לאתר ולהגדיר, בשטח הנבחר לביצוע העבודה, אזורים שלמראית עין הם שונים זה מזה. כך תוכלו לבחור שאלה הקשורה להשוואה בין גורמים אביוטיים לגורמים ביוטיים באותם האזורים (לדוגמה, אזור הפונה לצד צפון ואזור הפונה לצד דרום).

ב. מתקדמים בביצוע עבודה אקולוגית

7. בצעו את התצפיות לאורך ציר זמן של חודשים (שתי עונות לפחות), וכמובן גם לאורך ציר זמן של היום שבו מתקיימת התצפית. מובן שיש להפעיל שיקול דעת, לגבי כל גורם, האם הוא מתאים למדידה או לבדיקה פעם אחת במהלך העבודה, בכל פעם שמבצעים תצפית או כמה פעמים בכל תצפית.

8. פנו לכם פרק זמן די ממושך (כמה שעות לפי התכנון) לביצועה של כל תצפית. בשלבים הראשונים מומלץ להרבות בבדיקות אביוטיות וביוטיות, במיוחד עד שתנסחו שאלות אקולוגיות.

בבחירת המכשור ושיטות המדידה לגורמים אביוטיים ולגורמים ביוטיים, היעזרו בסעיף ג' להלן ובמקורות המידע בסעיף ה'.

9. בחרו (בחירה ראשונית) 6-7 אורגניזמים שנוכחותם בשטח היא ניכרת. מביניהם תבחרו בהמשך את 4-5 האורגניזמים שעקבתם אחריהם בצורה ממושכת במשך התצפיות, והם יהיו מיוצגים בשאלות האקולוגיות שניסחתם.

10. קראו במקורות מידע (אנציקלופדיות, מאמרים במקורות שונים) על האורגניזמים שבחרתם.

הקריאה תספק לכם, ודאי, רעיונות לשאלות אקולוגיות הנוגעות לאותם האורגניזמים. אל תשכחו לצלם ולאסוף את קטעי המידע, וכן לתעד אותם ברשימת המקורות.

11. שפרו את הניסוח של שאלות האפיון ושל השאלות האקולוגיות. השמיטו שאלות והוסיפו שאלות, בהתאם לתצפית בשטח ולמידע בספרות. השאלות האקולוגיות הן הציר המרכזי של העבודה וניסוחן ימקד את עבודתכם בשטח.

12. עם התקדמותכם בביצוע העבודה, היעזרו בטבלאות שבסעיף ד' להלן (מיומן תצפיות לעבודה אקולוגית) כדי לברר לעצמכם ההבדיקות האביוטיות והביוטיות שבצעתם תאפשר לכם להשיב על כל אחת מהשאלות שניסחתם במידת הצורך בצעו בדיקות נוספות.

13. אם חשבתם שאפשר/כדאי לבצע ניסוי במעבדה הקשור לאחת מהשאלות האקולוגיות, מומלץ מאוד (אם כי לא חובה) לבצעו.

14. בחרו שני צמחים, או צמח ובעל חיים, שאותם תתארו תיאור מורפולוגי במשך תצפית אחת או יותר. אל תשכחו לצלם את האורגניזמים שבחרתם.

15. הכינו תרשים של השטח שבו אתם עובדים. ציינו בו את כיוון צפון, רשמו את ממדי השטח וציינו קנה מידה לתרשים. ציינו את אזורי העבודה שבהם בחרתם, ותנו ביטוי גם לטופוגרפיה של השטח ולכיסוי השטח. הכינו מקרא שיאפשר לקורא להתמצא בסימונים שבחרתם.

ג. המלצות לבדיקת גורמים ביוטיים ואביוטיים

בעמודים הבאים רוכזו הצעות הנוגעות לבדיקת גורמים אביוטיים וגורמים ביוטיים. הרשימה שבטבלה אינה מחייבת ואינה כוללת את כל מה שניתן לבדוק, היא רק אוסף של דוגמאות.

עליכם לבחור אילו גורמים אביוטיים רלוונטיים לנושא עבודתכם ולבדוק אותם. עליכם לבחור גם את הגורמים הביוטיים הרלוונטיים לנושא עבודתכם, לבית הגידול שבו אתם עובדים, לאורגניזמים שבחרתם ולשאלות האקולוגיות שניסחתם.

הסרה: שקלו את ההמלצה למדידה של גורם כלשהו פעם אחת בלבד, או כמה פעמים בכל הצפייה, על פי השאלות שניסחתם. קצטו את הנתח הממאזים לכם. הצטטו נוספות וכתבו לקראת מקורות המידע שצטטתם ה'.....

הסרה: כל ההפניות לעלון אורי ציון ליה מתייחסות לחזרת 123.

מקרא:		למידה בכל תצפית
		למידה כמה פעמים בכל תצפית
		למידה/לבדיקה פעם אחת במהלך העבודה

גורמים אביוטיים אפשריים – דוגמאות

(הבחירה לפי נושא העבודה, מקום ביצועה והשאלות האקולוגיות שנוסחו)

הגורם הנבדק	מקרא	הדרכה לביצוע	הערות
טמפרטורה: אוויר		איך למדוד מה ולמה? עמ' 6	
טמפרטורה: בצל עץ/שיח		כנ"ל	
טמפרטורה: פני קרקע/עומק קרקע/מתחת לאבן/פני האבן/ על הקיר/על הסלע		כנ"ל	רלוונטי במיוחד בבית גידול יבשתי. בבית גידול מימי יש לבדוק במקומות שונים, כמו: שולי מקור המים/עומק המים וכו'.
סוג קרקע/סוג סלע		עלון למורי הביולוגיה עמ' 56	במקור המידע יש מגדיר קרקעות, וקביעת מאפייני קרקע כמו: צבע, גודל גרגרים, מרקם ונוכחות פחמת הסידן בקרקע.
חומר אורגני בקרקע		איך למדוד מה ולמה? עמ' 20	הסבר נוסף: עלון מורי הביולוגיה 123, עמ' 62.
קביעת קיבול שדה		איך למדוד מה ולמה? עמ' 19	לבצוע לפי רלוונטיות
לחות הקרקע		איך למדוד מה ולמה? עמ' 17	מומלצת השיטה של שקילת קרקע לפני ייבוש ואחריו, וחישוב שיעור הלחות

הגורם הנבדק	מקרא	הדרכה לביצוע	הערות
דרגת pH קרקע		עלון למורי הביולוגיה עמ' 56	לבצוע לפי רלוונטיות
מליחות קרקע		איך למדוד מה ולמה? עמ' 9	בבית גידול מימי יש למדוד מליחות מים. בקרבת הים יש לבדוק מליחות קרקע ורסס על פני עלווה.
לחות אוויר		איך למדוד מה ולמה? עמ' 14	מומלץ "רעשן"
קביעת רוחות שמים		יש להשתמש במצפן ולסמן בתרשים השטח את כיוון צפון	
כמות הגשם בתקופה מסוימת או רישום ותיעוד מידע באתר שרות מטאורולוגי התאדות			באתר השירות המטאורולוגי: http://www.ims.gov.il/ index1.htm בחרו אקלים/משקעים: במפות שנפתחות תמצאו מידע על: ■ כמות משקעים ביממה הרלוונטית לתצפית (באזור עבודתכם); ■ כמות המשקעים עד לאותו היום; ■ אחוז מתוך הכמות השנתית. באביב ובקיץ יש מידע באתר לגבי התאדות במפה דומה.
מהירות רוח		עלון מורי ביולוגיה עמ' 53	
עוצמת אור		איך למדוד מה ולמה? עמ' 7	

גורמים ביוטיים – דוגמאות בלבד

הגורם הנבדק	מקרא	הדרכה לביצוע	הערות
אחוז כיסוי צמחי		1. עלון מורי ביולוגיה עמ' 34 2. גיליון אקולוגטרוני עמ' 3	1. מתוארות שתי שיטות לבדיקת אחוז כיסוי צמחי, בחרו את זו המתאימה לכם. 2. שיטה המבוססת על צילום בשטח ועיבוד המידע באמצעות גיליון אלקטרוני.
מגוון מינים של צומח			אפשר להיעזר במדריך לזיהוי נבטים שבעלון מורי ביולוגיה, עמ' 67 ואילך (בתחילת החורף), או במדריך צמחים לפי צבעים (כגון: מדריך פרחי הבר בישראל, א' שמידע, ד' דרום).
פעילות בעלי חיים (לדוגמה, נמלים)	 	עלון מורי ביולוגיה עמ' 30, 31	לזיהוי מינים של חרקים אפשר להיעזר במדריך לחרקים, פ' אמיתי, או באנציקלופדיה של החי והצומח של ארץ ישראל (בערך המתאים).
מדדים כמותיים לפריחה/ לפירות/שיעור חנטה	 	עלון מורי ביולוגיה עמ' 37	היעזרו בחוברות מסדרת "חי וצומח בעונתו ובבית גידולו", בנושאים כגון: פרחים והאבקתם, הדבורה והפרח.
בדיקות בפרחים (נפח צוף וריכוז, בדיקת גרגרי אבקה ועוד)	 	עלון מורי ביולוגיה עמ' 38	מידת נפח צוף באמצעות צינור נימי, ריכוז צוף – בעזרת רפרקטומטר (או מקלון קלינסטיק), בדיקת גרגרי אבקה במיקרוסקופ (אלה שלקחתם מהפרח + אלה שלקחתם מגוף המאביק).

הגורם הנבדק	מקרא	הדרכה לביצוע	הערות
מצב פנולוגי של צמחים נבחרים		עלון מורי ביולוגיה עמ' 44	חשוב בכל מקרה שצמחים הם חלק מהאורגניזמים.
מעקב אחר פטריות: מספר פרטים, ממדים של הפטרייה		עלון מורי ביולוגיה עמ' 51	היעזרו בספרות מתאימה לזיהוי ולהכרת מחזור החיים.

ד. מיומן תצפיות וסיכומים על האורגניזמים – עד לעבודה כתובה (סיכום ביניים)

במהלך הכנת העבודה האקולוגית הכרתם בית גידול על מרכיביו האביוטיים והביוטיים. את כל שראיתם, מדדתם, ספרתם ותיארתם, רשמתם ביומן התצפיות. ניסוח שאלות האפיון והשאלות האקולוגיות סייע לכם במיקוד עבודתכם. המידע על האורגניזמים שקראתם במקורות העשיר את הידע שלכם בנוגע למבנה, לתפקוד, להתאמות וליחסי גומלין של כל אחד מהאורגניזמים שבדקתם בעבודתכם. דף זה יסייע לכם בארגון כל המידע שצברתם (שאלות, שיטות עבודה, תוצאות והצגתן) ובהכנת הדיון.

השיבו על כל הסעיפים שבטבלה לגבי **כל אחת** מהשאלות האקולוגיות שבעבודתכם. רשמו את כל הגורמים האביוטיים הרלוונטיים לשאלה. הסבירו ליד כל גורם מדוע היה חשוב לבדוק אותו.

שאלה אקולוגית מס' 1 :

מדידות שביצענו שיאפשרו להשיב על השאלה (לגבי כל גורם ציינו באופן כללי באיזה עונה נמדד או/ואם נמדד בשעות שונות של היממה)	נתונים הכלולים בשאלת אפיון ורלוונטיים לשאלה		תיאור קצר של ניסוי שביצענו
	גורמים אביוטיים	גורמים ביוטיים	

איך יוצגו הממצאים הרלוונטיים לשאלה זו?

- טבלה (צרפו תכנון מפורט של הטבלה. יתכן שהטבלה המסכמת שונה מהטבלה שאותה הכנתם לקראת איסוף נתונים בתצפית)
- גרף (רשמו איזה משתנה יוצג על כל ציר, מהו סוג הגרף שתבחרו)
- תרשים (ציינו מה יתואר בו)

- תצלום
- מוצג אחר

אילו נתונים חסרים לכם כדי להשיב על השאלה?

בשלב זה רשמו רק ראשי פרקים של מידע מהספרות שהוא רלוונטי לשאלה האקולוגית.

ה. רשימת מקורות מידע כללים להכנת עבודה אקולוגית

בנושאים שונים יש לאתר גם מקורות מידע (ספרים, מאמרים) מתאימים לנושא.

המקור	הערות
עלון מורי הביולוגיה 123	מידע והסברים לגבי שיטות מדידה
סדרת חוברות בהוצאת החברה להגנת הטבע: 1. איך למדוד מה ולמה 2. גיליון אקולוגטרוני – המחשב כבית גידול. 3. חוברות במגוון נושאים (מקווה מים מתוקים, חוף ים סלעי, נמלים ועוד).	1. הסבר לגבי שיטות עבודה. 2. הסברים והצעות לעיבוד תוצאות ולחצגתן באמצעות גיליון אלקטרוני. 3. הסבר לגבי אופן ביצוע העבודה, הצעות לתצפיות, שאלות אקולוגיות ודרכי בדיקתן.
שלולית חורף, אביטל גזית	סקירה מקיפה על בית הגידול הייחודי
מדריכים לזיהוי פרחי בר, ציפורים, עצים ושיחים, חרקים, שבלולים, מגדיר צמחים	לזיהוי אורגניזמים ומידע ראשוני עליהם, לקביעת השיוך הסיסטמטי
אקולוגיה מעשית, ברנשטיין	הסבר על מהות העבודה, רקע עיוני (נכתב על פי דרישות שהיו בעבר, אך נותן את הבסיס הרעיוני לעבודה)
כל עולם הצמחים, זהרי	מידע על צמחים להכנת סיכום על אורגניזמים
חסרי חוליות, בעלי חוליות, פישלזון	מידע על בע"ח להכנת סיכומים על אורגניזמים
אנציקלופדיה של החי והצומח בא"י, כרכים 1-12	מידע על בע"ח וצמחים לצורך הכנת סיכומים, מידע על בתי גידול, קביעת השיוך הסיסטמטי

הערות	המקור
מידע על בתי גידול מימיים	המים בטבע ובסביבת האדם, בן חור
מידע בסיסי באקולוגיה, התאמות אורגניזמים לבתי גידול	פרקים באקולוגיה, אמיר
חומר רקע חשוב על האורגניזמים בבתי הגידול, הצעות לתצפיות ולניסויים שניתן לבצע בבתי הגידול	חי וצומח בעונתו ובבית גידולו, סדרת חוברות בנושאים שונים (הדבורה והפרח, נמלים ועוד) בהוצאת המרכז להוראת המדעים בירושלים
מידע לגבי אזור גיאוגרפי כגון אקלים, קרקע, טופוגרפיה	מדריך ישראל

מידע ברשת

- חיפוש במנועי חיפוש google ואחרים לפי מילות מפתח (ראו הערה בסוף המסמך) www.google.co.il ברוב המקרים מומלץ חיפוש בעברית
- על כנפי הסנונית (אקולוגיה) או חיפוש במאגרי מידע בסנונית <http://www.snunit.k12.il/science/biology/acology.htm> לקט מאמרים והפניות לאתרים
- מאגר מידע על בע"ח קטנים <http://animal.macam.ac.il/main.htm>
- מרכז ארצי למורים בביולוגיה – קבוצת דיון לשאלות תלמידים בנושא ביוטופ <http://www.snunit.k12.il/bioteach/upload/.biotop>
- מאגר מידע של צמחי ארץ ישראל, הגן הבוטני האוניברסיטה העברית בירושלים <http://www.botanic.co.il/a/defaultH.htm> (מקור מידע חשוב ביותר)

טיפים לחיפוש מידע ברשת

- אם ביצעתם חיפוש והגעתם למסמך ארוך וברצונכם לברר במהירות אם הוא רלוונטי לנושא, חזרו לדף החיפוש, ובחרו באופציה מטמון. הקישו Enter, והמסמך שייפתח יהיה מסומן במילות המפתח שבהן בחרתם. המשיכו לעבוד כרגיל, כלומר הקישו על הקישור (אגב, לא תמיד האופציה הזו קיימת).
- אם ביצעתם חיפוש ומספר הקישורים רב מאוד, תוכלו לבצע חיפוש בתוך התוצאות (האופציה קיימת בדף למטה), וכמובן שהוא יהיה מדויק יותר.
- אל תשכחו את האפשרות של חיפוש בתוך אתר מסוים, זה חיפוש מדויק הרבה יותר.

- אם ידוע לכם שמו הלא־נכון של האורגניזם שעליו אתם מחפשים מידע, כדאי לחפש מידע לא רק בעברית.
- לחיפוש תצלום של האורגניזם השתמשו באופציה הקיימת בגוגל: "חיפוש תמונה".

המלצות לציוד לעבודה במעבדה ובשדה

ברשימה זו נכלל ציוד ייחודי למעבדה בביולוגיה, אך היא אינה כוללת את כל ההצטיידות הנדרשת לקיום ניסויים בביולוגיה. רוב הפריטים ברשימה הם נוספים על מה שפורסם בחוברת "תכנון למרכז מדעים בית ספרי" שיצאה לאור בשנת 1990 על ידי המכון לפיתוח מבני חינוך ורווחה. ברשימה אין המלצה לגבי כמות הפריטים המתאימה למספר תלמידים או לחדר. בעתיד יפורסם מסמך רשמי של משרד החינוך הכולל המלצות לגבי תכנון והצטיידות מעבדות לפי מקצועות מדעיים.

לגבי **חומרים** הנדרשים לעבודה במעבדה ובשדה, מומלץ להיעזר **במרכז ההספקה** לבתי ספר הנמצא בבית ספר לחינוך באוניברסיטת בר אילן. מנוי שנתי של בית הספר מבטיח הספקה שוטפת של חומרים (כולל חומר חי) לעבודה במעבדה ובשדה במשך כל השנה וכן הספקה של החומרים הנדרשים לביצוע בחינות הבגרות. החומרים הם בכמויות הנדרשות לבתי הספר לצורך ביצוע הניסויים. מורים ולבורנטים יכולים לקבל במרכז תמיכה טלפונית בכל הנוגע לבחירת ניסויים, התאמתם למטרות ההוראה וכן הכוונה לגבי ביצוע והתמודדות עם תקלות בניסויים. הייעוץ ניתן בכל ימות השבוע על ידי לבורנטים ומורים לביולוגיה בעלי ניסיון רב שנים. למידע נוסף ולקבלת קטלוג מעודכן, אנא התקשרו לטלפונים שמספריהם:

03-6352124, 03-5318751

מס' פריטים	פריט
10	מיקרוסקופ אור
10	מיקרוסקופ סטראוסקופי
1	ציוד המאפשר הצגה (על צג טלוויזיה או צג מחשב) של תמונות והתרחשויות במיקרוסקופ רגיל ובמיקרוסקופ סטראוסקופי בזמן אמת. ציוד המאפשר אכסון תמונות והתרחשויות במיקרוסקופ רגיל ובמיקרוסקופ סטראוסקופי כקבצים במחשב. לדוגמה: מצלמה מתחברת למיקרוסקופ (וידאוסקופ) או/ו למחשב
1	טורסו (דגם פריק של מערכות גוף האדם)
1 מכל סוג	דגמים (לב, עין, אוזן, פרח, DNA...)
1 מכל סוג	מפות (תא בע"ח, תא צמח, חלוקת תא, מערכות בגוף האדם...)
	ארונות תצוגה עם דלתות זכוכית בחדר המעבדה ובמסדרונות
לפחות 5 ערכות עם שאיפה ל-10 ערכות	חיישנים למעבדה ממוחשבת, כגון: חיישן לחץ, חיישן טמפרטורה (בטווח טמפרטורה המתאים לניסויים בביולוגיה), חיישן דופק ונשימה. בעבודה בשדה יהיה שימוש של אוגר נתונים + חיישנים מתאימים. למידע נוסף ניתן לעיין בחוברת "מעבדה ממוחשבת בביולוגיה – חוברת פעילויות", ד"ר שרה קלצקו, מיקי גוטמן, תמי צור (2001), הוצאת אוניברסיטת בר אילן.
1	רפרקטומטר (לבדיקת ריכוז סוכרים)
1	אוטוקלב
1	אמבט מטלטל
5	מאזניים דיגטליים (חצי אנליטיים) לעבודת תלמידים מכשירי מדידה אלקטרוניים כגון: מד חמצן, מד pH, מד טמפרטורה, מד אור

ציוד לעבודה בשדה

(מומלץ לארגן תיקים מתאימים בהם הלבורנט יארגן את הציוד המושאל הנדרש לתלמידים לפני יציאתם לשדה)

מד טמפרטורה לאוויר; מד טמפרטורה לקרקע; מד לחות אוויר; מד רוח; מצפן; גליל סרט מידה; מד גשם; מקלונים לבדיקת נוכחות סוכר מחזר (לבדיקת צוף); צינורות נימיים לבדיקת נפח צוף; ערכות לביצוע בדיקות בשדה, לדוגמה: בדיקת חיידקים במים, בדיקת קשיות מים, בדיקת חנקות במים (או בקרקע); מגדירי שדה, לדוגמה: מדריך פרחי הבר בישראל מאת א. שמידע וד. דרום, מדריך החרקים בישראל מאת פ. אמיתי, יצאו לאור מגוון מדריכים אחרים שחוברו על ידי מחברים אחרים, חוברות הדרכה לעבודה בשדה (המלצות ראו בחוברת זו)