

משרד החינוך והתרבות

ביולוגיה בחטיבת-הביניים

הצעה לתוכנית-לימודים

הוכן על-ידי

"המרכז הישראלי להוראת המדעים"

והיחידה לתוכניות לימודים

ירושלים, תשרי תשכ"ט

הצעת התוכנית להוראת הביולוגיה בחטיבת-הביניים
הוכנה על-ידי ועדה שחבריה הם:

1. פרופ' א' פוליקוב-מייבר - יושבת ראש
2. מ' זילברשטיין - מרכז התוכנית
3. גב' מ' בן-פרץ
4. גב' ר' בן-שאול
5. ד"ר אל' ברש
6. ש' גוטליב
7. פרופ' י' וייזל
8. מ' זהרוני
9. גב' ש' כרמל
10. צ' לב
11. ד"ר י' נוימן
12. י' ניר
13. י' רוזנבלום.

הביולוגיה היא מדע, הנוגע אישית בכל אדם; בקשריו עם החברה והסביבה הטבעית שבה הוא חי, וביחסי-הגומלין שבינו לביין סביבתו.

לימוד הביולוגיה מקנה לאדם ידיעות על עצמו, על היצורים החיים האחרים אשר בסביבתו (בעלי-חיים, צמחים, פטריות, חיידקים וירוסים) ועל יחסי-הגומלין שבינו לבינם, שבינם לביין עצמם ושביין כולם לעולם הפיסי שבו הם מצויים. לימוד הביולוגיה פותח את עיני האדם לראות את החוקיות, הארמוניה והאסתטיקה של העולם שמסביבו, ומכשירו לחיות את חייו בתבונה וליהנות מהסביבה הטבעית שבה הוא חי.

בחינוך תוכנית להוראת הביולוגיה אין איפוא לשאול רק את השאלה האחת "הביולוגיה מהי, וכיצד אפשר ללמדה?" אלא גם את השאלה "מהי הביולוגיה לחינוך" וכך "מה הם הערכים והעקרונות, שמן הראוי להורותם באמצעות הביולוגיה דווקא?" מטרתנו איננה חינוך "ביולוגים צעירים", אלא העשרת עולמו של הילד על-ידי שנקנה לו את עקרונות המדע הביולוגי; נפנה את תשומת-ליבו לערך המידע הביולוגי לאדם ולאנושות; נפתח בו את האהבה לטבע הארץ, לנופה, לצמחייתה ולחי שבה; נעמיק בו את הכרת מעמדו ואחריותו של האדם בשמירת שיווי-המשקל השורר בטבע.

התוכנית המוצעת מתבססת על ההנחה, כי התלמיד מביא עימו לכיתה ז' ידיעות שכבר רכש, הן בצורה פעילה - גן-הילדים ובכיתות הנמוכות שבבית-הספר - והן בצורה סבילה, על-ידי מגעו עם העולם שמסביבו, על ידי הכרתו את הקורות אותו, ואולי גם על-ידי קריאה בספרות ובעיתונות, על-ידי האזנה לראדיו והסתכלות בטלוויזיה.

ההנחה היא, כי בגן ובכיתות הנמוכות של בית-הספר היתה לילד הזדמנות להכיר צמחים ובעלי-חיים אחדים, לעקוב אחר התפתחות צמח (מהזרע לצמח המבוגר) ובעלי-חיים (כגון גלגול בחרקים ובדו-חיים, אורח-חיים של עופרות וחיות-בית וכו').

בהישען על ההנחות הללו, יהיו הנושאים העיקריים בלימוד הביולוגיה בכיתות

ז'-י"ב כלהלן:

- (א) התאמה בין האורגאניזם לסביבה.
- (ב) הכרת המשותף לכל האורגאניזמים החיים.
- (ג) ההתאמה בין מיבנה לפעולה בכל רמות האירגון.
- (ד) השווייון בצורה והאחידות בדגם, במיבנה ובפעולה של אורגאניזמים שונים; קיום פיתרונות שונים בטבע לאותן בעיות עצמן.
- (ה) בקרה והומיאוסטאזיס.
- (ו) רציפות שמקורה בתורשה.
- (ז) השינויים שחלו ושחלים עם הזמן באורגאניזמים החיים (איולוציה)

בהוראת נושאים אלה ישולבו הערכים האלה:

- (א) מדע הביולוגיה הוא מדע ניסויי (ולכן על הלומד לבצע ניסויים).
- (ב) המידע הביולוגי, המצוי כיום בידונו, גובש מהצלחות וטעויות של כל הביולוגים במשך כל הדורות.
- (ג) ההתפתחות ההיסטורית של גישות ושל הישגים בחקר בעיות הביולוגים

הוראת הביולוגיה בכלל, והוראתה כמדע-חקר פעיל, משיגה גם מטרות חינוכיות כלליות:

- (א) ביצוע ניסויים מחנך לדייקנות ולאובייקטיביות.
- (ב) ניסויים ביולוגיים מעשירים את השקפת-העולם מעבר למה שניתן להשיג בניסויים פיסיקאליים או כימיים.
- (ג) התלמיד לומד לשקול את הנתונים שבידו לגופם, ולהוציא את המסקנות על-סמך הנתונים, בלי להיכנע לאטוריטות, אפילו אין המסקנות שלו מקובלות.
- (ד) הוא מפתח נכונות לשנות את דעותיו ומסקנותיו על-סמך עובדות חדשות המצטברות בידו, שאינן ניתנות להסבר על-ידי תיאוריות קודמות שנוסחו על סמך נתונים קודמים.
- (ה) הוא לומד את מקורם של הטעות, של המקרה ושל הספק במערכת החשיבה.

בתהליך הוראת הביולוגיה, כחקר, ירכוש התלמיד לא רק אוסף של מידע - שיכביד על זיכרונו - אלא יתרגל למיין מידע זה, למצוא את היחסים שבין נתוני-מידע שונים; להתאים מידע זה למצבים חדשים (ושונים מן ההקשר שבו נרכש המידע); לזהות בעיה ביולוגית, לנסח היפותיזות להסברתה, לתכנן ניסויים לבדיקת ההיפותיזות, להחיל נתונים ולפרשם ולהסיק מסקנות.

במיבנה של התוכנית המוצעת מהווה החומר הלימודי בכיתות ז' - ח' יחידה לימודית שלמה, והחומר בכיתה ט' נועד להשלמה להכללה.

התוכנית של ט' בנויה כך שהיא משמשת לא רק הכללה למה שנלמד בשנים קודמות, אלא גם פתיחה לגבי מה שעתידיים התלמידים ללמוד.

מעיון בתוכנית מתברר, כי לא נכלל בה הנושא המקובל "גוף האדם". מציעי התוכנית כללו בה איפורמאציה רבה על גוף האדם, על מיבנהו ופעולתו. היא פזורה, בהקשרים שונים, במשך כל שנות-הלימוד. איננו רואים הצדקה ללמד את גוף-האדם בנושא נפרד, כיוון שלמעשה אין מרבית האינפורמאציה, הנכללת בנושא זה אלא חזרה על מה שנלמד בנוגע לאורגאניזמים אחרים. הדברים המיוחדים את האדם מבעלי-החיים האחרים שובצו בתוכנית בפרקים הדנים באדם וייחסי-הגומלין שלו עם העולם שבו הוא חי.

ביצוע התוכנית המוצעת כרוך בשילוב קריאה עצמית של התלמיד, בעבודה במעבדה, ותוך כדי העבודה - גילוי עובדות בלתי-ידועות מראש, בדיונים בכיתה ובמסירת דו"חות על-ידי תלמידים על קריאה בסיפרות-עזר (זה מחייב פיתוח ספריות בבתי-הספר).

בכיתות ז' - ח' ירוכזו יחידות-ההוראה מסביב לנושא "הכרת יחסי-הגומלין שבין האורגניזם לסביבתו". האורגניזמים משפיעים ומושפעים על-ידי גורמי הסביבה. תופעות רבות ניתנות להסברה על-ידי הבנת קשרי-התלות שבין האורגניזמים לגורמי הסביבה, דרכי ההסתגלות וההתאמה במיבנה הגוף והתנהגות האורגניזמים, לימודי הביולוגיה בכיתה ט' יהוו סיכום והכללה למה שנלמד לפני-כך, ופתיחה למה שיבוא אחר-כך.

בכיתה ז' יושם הדגש על למוד האורגניזמים האנומאליים והתאמתם לתנאי הסביבה.

בכיתה ח' יושם הדגש על הכרת אורגניזמים צימחיים והתאמתם לתנאי הסביבה שבה הם חיים ועל יחסי-הגומלין השוררים בבית-הגידול בין הצומח לחי, ותפקיד האדם בייחודו ובהתערבותו בסבע.

בכיתה ט' יהיה הנושא העיקרי "אחידות" - עקרונות משותפים לאורגניזמים החיים.

סדר הלימוד ניתז גם להיפוך, ואפשר ללמד בכיתה ז' את האורגניזמים הצימחיים, ובכיתה ח' את האורגניזמים האנימאליים ותפקיד האדם.

בתוכנית זו תובא דוגמה לבית-גידול יבשתי ולבית גידול של מים. בעלי-חיים ודרכי הסתגלותם לחיים במים מהווים נושא עיקרי בחומר הלימודי, המפותח על-ידי היחידה לתוכניות - לימודים לכיתה ז'. הצמח ובית-גידולו היבשתי מהווים נושא עיקרי בחומר המפותח לכיתה ח'. חומר זה מהווה רק דוגמה לצורת האינטרפריטאציה של התוכנית המוצעת. ויש לקוות שהוא גם ישמש גורם מדרבזן לחיבור חומר לימודי נוסף, בגישה דומה, על נושאים שונים.

התוכנית המוצעת לכיתות ז' - ח' תהווה דרגת סופיסטיקאציה גבוהה יותר של החומר הנלמד בכיתות א' - ו', בחוספת מידע חדש.

בה בשעה שבמסגרת כיתות א' - ו' יודגש לימוד ההתנהגות ותהליכי-החיים בצמח ובבעל-חיים, כפרט, ואילו במסגרת כיתות ז' - ח' יובלטו יחסי-הגומלין שבין האורגניזם לסביבה ויחסי-הגומלין שבין האורגניזמים השונים בתוך הסביבה שבה הם חיים.

לימוד בתי-גידול טבעיים כרוך בקשיים דידיאקטיים - אירגוניים.

הנוף בארץ אינו אחיד, ההבדלים והשינויים במשך העונה ובחליפות העונות בין האזורים השונים גדולים מאוד. מכאן הצורך לפיתוח יחידות-לימוד נפרדות. שיעסקו בבתי-גידול טבעיים שונים, הנפוצים ביותר בארץ. יחידות אלה יהוו מיבחר, שמתוכו יוכלו בתי-הספר לבחור חומר על בית-גידול טבעי, אחד או יותר, המתאימים לסביבתם.

רצוי כי יחידות-לימוד (או הוראה) אלה תהיינה מצומצמות בהיקפן (10-12 שעות-לימוד) וכל יחידה כזאת תטפל באלמנטים החשובים, האופייניים לאותו בית-גידול, וביחסים-הגומלין שביניהם. לדוגמה: יחידות אלה עשויות להשתלב יפה לאחד לימוד נושא ב': "הצמח בבית-גידולו היבשתי".

היחידות תפותחנה על-ידי גורמים שונים, כגון צוותי מורים ומדענים; בתי-מדרש למורים באזורי-הארץ השונים עשויים להשתמש בפיתוח יחידות-לימוד-הוראה כאלה כבתרגיל בהכשרת מורים או כבעבודת-גמר; פיתוח יחידות-הוראה כאלה וניסויין יכול גם לשמש נושא לעבודת-גמר או לעבודת-דוקטור.

תוכנית לכיתה ז'

בעלי-החיים, כשאר היצורים, אינם חיים בתלישות מן הסביבה; הם תלויים, משפיעים ומושפעים על-ידי גורמי הסביבה: תזונה, נשימה, מציאת מיקלט מפני חנאים עוינים, רבייה וכו'. אלה הם צרכים בסיסיים, אשר מידת סיפוקם קובעת את סיכויי בעל-החיים להיותר בחיים, ואת סיכויי המין להוסיף ולהתקיים.

הבעיות הכרוכות בסיפוק הצרכים הבסיסיים משותפות לכל בעלי-החיים, אולם דרכי-הפיתרון שונות. בבתי-גידול שונים, שבהם שונים גורמי-הסביבה זה מזה, מגלים בעלי-החיים אפשרויות-התאמות-והסתגלות שונות, המתבטאות הן במיבנה הגוף והאיברים והן בהתנהגות ובאורח-החיים. רב-גוניות הצורות בעולם-החי קשורה בהסתגלות לתנאים שונים ומשתנים.

בלימוד יחסי-הגומלין בין האורגניזם לבין הסביבה ייתכנו שתי גישות:

לפי הגישה האחת אפשר לבחור נציג צמח או בעל-חיים - ולפי דוגמה זו נלמדים כל יחסי-הגומלין בסביבה שבה חי נציג זה, תוך ראיית האורגניזם השלם בגילוי צרכיו השונים ותגובותיו לגורמי הסביבה.

לפי הגישה השנייה, הנושא העיקרי הוא גורם סביבתי מסוים, והלימוד מתרכז בהשפעתו על האורגניזמים השונים, החיים בסביבה המסויימת.

הגישה הראשונה מציגה אומנם בפני התלמיד אורגניזם שלם, ויוצרת אצלו תמונה שלימה על תיפעולו ועל התנהגותו של האורגניזם, אולם תמונה כאן סכנה. שהחומר הנלמד יצומצם למעין "מונוגרפיה" על אורגניזם בודד, ללא ספק יש בכך צמצום האופק. גם ספק רב הוא, אם בגיל זה (11-12) יש לתלמיד הכנה נפשית נאותה ללמוד על נושא אחד זמן ממושך כל-כך.

בדוגמה המעובדת, המובאת להלן, נעשה ניסיון למזג את שתי הגישות. המרכז הוא, אומנם, אורגניזם אחד - דג האמנון - אך עם כל תהליך חדש הנלמד נערכת השוואה, כיצד כתרחה התהליך באורגניזמים אחרים, בדרך זו ייתכן ליצור תמונה שלימה על תיפעולו של אורגניזם מסוים אחד, ועם זאת להרחיב את האופק ולגוון את הלימוד.

תירגום הרעיונות שלעיל לחומר-לימודים ולפעילויות לימודיות מחייב בחירת בית-גידול ליכוני כסויים. במקרה שלנו בית-הגידול הלימודי הוא בית-גידול של מים -

אקוואריון שאפשר להביא לכיתה. בעל-החיים המרכזי בדוגמה יהיה דג האמנון. דג האכנון מצוי בארץ. השגתו, החזקתו והטיפול בו קלים בהשוואה לטיפול בבעלי-החיים אחרים. ההזדמנויות הלימודיות והמושגים הכלליים, הנלמדים אגב הכרת האכנון ואורח-חיו, הם מרובים ביותר.

נושא-הלימודים הוא, איפוא, יחסי-הגומלין שבין בעל-חיים לסביבה שבה הוא חי ופרקיה יהיו:

- (א) התנאים השוררים בסביבת החיים,
- (ב) ההתאמה בין צורת בעלי-החיים ושיטות-התנועה שלהם לתנאים השוררים בסביבה שבה הם חיים,
- (ג) נשימת בעל-החיים,
- (ד) דרכי-התזונה,
- (ה) החושים כמכשירי-קשר עם הסביבה.
- (ו) רביית בעלי-החיים.
- (ז) בית-הגידול כמערכת איקולוגית בשיווי-משקל.

להלן ראשי-פרקים מעובדים בנושא:

"אקוואריון כבית-גידול", כשהאמנון הוא האורגאניזם המרכזי:

מיספר
השיעורים

ראשי-פרקים לכיתה ז'

64

הנושא: "האקוואריון - בית-גידול של מים"

1 - 2

הקשר בין האורגאניזמים לבית-גידולם

מבוא:

מראי-הנוף השונים באזורי-הארץ השונים.
לצמחים ולבעלי-חיים סביבות-גידול אופייניות.
היש קשר בין מיבנה-גופו ואורח-חיו של אורגאניזם לבין
הנאי-חיו וסביבתו?

9

פרק א': המים כסביבת חיים

חשיבות המים לאורגאניזמים חיים

.1

התלות במים לצורכי קיום הגוף.

התלות במים כסביבת חיים.

המים הם סביבה עשירה באורגאניזמים חיים

.2

מיני אורגאניזמים רבים חיים במים.

באזורי-מים מסויימים רבה צפיפות האורגאניזמים החיים יותר
מאשר באחרים.

תקות האדם להפקת מזונות מן המים בעתיד.

הימים מכסים את רוב פני כדור-הארץ

.3

המים מופיעים באזורי-אקלים שונים. האורגאניזמים החיים
בהם שונים בכל איזור ואיזור.

המים על פני כדור-הארץ מופיעים בימים, באגמים, בנהרות,
בנחלים, בשלוליות ועוד.

ההבדלים בתנאים, השוררים במקווי-מים אלה, ומשמעות
ההבדלים אלה לגבי האורגאניזמים החיים בהם.

סביבת-מים נבדלת מסביבה אווירית יבשתית

.4

מיספר תכונות בולטות של המים, והשפעתן על האורגאניזמים החיים בהם.

כושר-ההמסה הרב של המים.

הימצאות חומרים מומסים רבים במים, והשפעתם על האורגאניזמים בתוכם.

חדירות מוגבלת של אור דרך המים, והשפעת עובדה זו על האורגאניזמים החיים במים.

תנאי-הלחץ השוררים בעומקים השונים, והשפעתם על האורגאניזמים החיים.

שינוי הטמפיראטורה בין השכבות השונות במים, והשלכותיהם על היצורים החיים בתוכם.

5. הבה נתקין אקוואריון - האקוואריון כמודל לחקירת בית-גידול של מים.

במה דומה ובמה שונה האקוואריון בהשוואה לבית-גידול טבעי של מים? מדוע נוח יותר לחקור את האורגאניזמים החיים במי-האקוואריון מאשר בסביבת-מים טבעית?

כיצד נתקין את האקוואריונים?

6. האמנון - דג החי בתנאים טבעיים בארץ

המיוחד באורח-חייו.

תפוצתו בארץ ובעולם.

מיני-האמנון המצויים בארץ.

מיספר

השיעורים

11 - 12

פרק ב' : צורות ותנועות בעלי-החיים במים

1. היש צורות אופייניות לאורגאניזמים החיים בסביבות-חיים שונות?

רב-גוניות הצורות של בעלי-חיים יבשתיים.

הדימיון הרב בצורת בעלי-החיים, שתנועתם במים.

2. היש קשר בין צורת הגוף לאופן התנועה?

הצורה ההידרודינאמית - יתרונה בתנועה במים.

בדיקה איכותית וכמותית ליתרון הצורה ההידרודינאמית בתנועה במים.

כיצד נסביר את יתרון הצורה ההידרודינאמית בתנועה במים?

3. הצורה ההידרודינאמית בשימוש האדם
- התפתחות כלי-תחבורה שונים, והקשר בין מהירות התנועה של הכלי לבין צורתו (פרקי קריאה ושיחה).
4. כיסוי הגוף אצל הדג והתאמתו לתנועה במים
5. דגים שצורתם אינה הידרודינאמית
- התאמות לחיים בתנאים מיוחדים, כגון קרקעית-הים, סלעי-אלמוגים וכו'.
6. הדימיון בצורה אצל בעלי-חיים שוכני-קרקע וחופרי-קרקע
- החולד, השלשול וכו' (הקשר בין צורת הגוף למדיום שבו נע בעל-החיים).
7. בעלי-חיים ודרכי-תנועה מגוונות
- דוגמות של צורות תנועה (פרקי קריאה ושיחה).
8. תנועת הדג: איברי-התנועה
- בדיקה מורפולוגית - סנפירים וזנב.
הקשר בין מיבנה איברי-התנועה לדרך פעולתם.
בדיקה אנאטומית - סידור השרירים, החוליות.
9. כיצד משתמש הדג באיברי-התנועה?
- כיצד מתקדם הדג? תנועת הדגים בהשוואה לתנועת סירות.
פניות לצדדים.
10. שיווי-מישקל וייצוב הגוף בדגים
- השוואה אל כלי-שייט.
יכולת הפיצוי (קומפנסציה) בגוף חי.
11. שלפוחית-הגאזים בדגים
- מיבנה ותפקידים משוערים.

צורות-תנועה שונות במים

.12

דולפין, לווייתן, דיונון, חיפושית (פרקי קריאה ושיחה).

תנועת האדם ובעלי-חיים יבשתיים אחרים במים

.13

מיספר
השיעורים

9 - 8

פרק ג': הנשימה במים

1. היש חמצן במים? מהיכן החמצן שבמים?

חילופי הגאזים בין המים לאוויר החיצון.
חשיבות שסח-המגע בין האוויר למים בחילוף הגאזים.
חמצן מצמחי-המים.

2. השפעת שינויי הטמפיראטורה על קצב נשימת הדגים

השפעת הטמפיראטורה על ריכוז O_2 במים.
הקשר בין ריכוז O_2 במים לבין קצב הנשימה בדג.
הקשר בין קצב-הנשימה להגברת צריכת O_2 עם עליית הטמפיראטורה של הגוף אצל הדגים.
השוואת הדג (כבעל-חיים בעל חום-גוף משתנה) אל האדם (כבעל-חיים בעל חום-גוף קבוע) מבחינת השפעת שינויי הטמפיראטורה בסביבה על קצב הנשימה.
ביטוי גראפי להשפעת שינויי הטמפיראטורה של המים על קצב נשימת האמנון.

3. כיצד קולט האמנון את החמצן מן המים?

איברי-הנשימה ודרך פעולתם.
מיבנה הזימים. ביטוי הקשר בין המיבנה לתפקיד.

4. האם גם הדג פולט O_2 בנשימה?

עריכת ניסויים תוך כדי השוואה אל האדם, אל החילזון ואל בעלי-חיים אחרים.

5. קיומם של דגים נושמי-אוויר (פרקי קריאה ושיחה).

6. צורות-נשימה אחרות במים - בעלי-חיים יבשתיים, שהסתגלו לחיי מים (יונקים וחרקים). (פרקי קריאה ושיחה).

פרק ד': תזונת בעלי-החיים במים

1. הקשר בין מקורות-המזון לסביבת החיים
בסביבות שונות שונים מקורות המזון.
התאמה בין מיבנה-הגוף למזון שממנו ניזון בעל-החיים.
2. מקורות-המזון במים
מה המזון העומד לרשות האמנון?
פלאנקטון במים. הבחנה בין זואופלאנקטון לפיטופלאנקטון.
3. בדיקת תוכן המעי של האמנון
הוכחה ישירה מול הוכחה נסיבתית בקשר למקורות-המזון של האמנון.
4. שרשרת-מזון בסביבת-מים
יצרנים, צרכנים ראשוניים וצרכנים שניים.
דוגמות של שרשרות-מזון באקוואריון, בבריכה וכו'.
מסכת מזון, חוליות סמויות בשרשרות-מזון.
5. איך קולט האמנון את המזון?
תנועה חד-סיטרית בפיו של האמנון.
איך נמנעת בריחת הפלאנקטון מן הפה?
מיבנה צינור-העיכול וההליך עיכול המזון.
6. גורמים המשפיעים על הרכב מזונו של הדג
הגורמים; הטמפיראטורה, טעם, גיל, השוואה בין הדג לאדם.

פרק ה': החושים והתאמתם לחיי המים

1. מה הם חושים ומה חשיבותם?
כיצד קולטים אנו ידיעות מן הסביבה?
מערכת גירוי-תגובה.
החושים המוסרים לנו ידיעות על סביבתנו.
2. חושי האמנון
כיצד נבדוק את חושי האמנון?
זיהוי איברי-החוש של הדג.
3. היש התאמה בין החושים לסביבה שבה חי בעל-החיים?
מעבר האור במים.
מעבר הקול במים.
פיזור פרודות חומרים במים.
קו-הצד - איבר-חוש המתאים לחיים במים.
מיבנה האיבר ודרך פעולתו.
4. העין - חוש-הראייה
התאמת העין לראייה במים; השוואה עם עין-האדם.
צבעי דגים. משמעות הצבעים בבעלי-חיים בכלל.
ראיית צבעים במים.
5. האוזן - חוש-השמיעה
השמיעה במים.
6. החושים הכימיים - טעם וריח
תחושת טעם וריח אצל הדג.
7. אילוף דגים - התנייה (פרקי קריאה ושיחה).
8. כושר-ההתמצאות של בעלי-חיים - העטלף, האיסקולוקציה(פרקי קריאה ושיחה).
9. נדידת דגי הסלומון על-פי מפת-ריח (פרקי קריאה ושיחה).

מיספר
השיעורים

9 - 10

פרק ו': הרבייה במים

1. תהליך הרבייה מהו?
חשיבות תהליך הרבייה.
הקשר בין תהליך הרבייה לתנאי הסביבה.
הפריה פנימית והפריה חיצונית.
2. הרבייה אצל האמנונים
סימני זכרות ונקבות אצל האמנון (הבדלי צבע וצורה).
דוגמות של בעלי-חיים בעלי פרצופיות שונה בזכרים ונקבות,
ונעדרי דו-פרצופיות זו.
שינויי צורה וצבע אצל דגים, ומשמעותם כאמצעי-תקשורת.
תחום-חיים (טריטוריה) לרבייה.
שמירת טריטוריה, חוקפנות הזכר.
רצף התנהגויות אצל האמנונים בעונת הרבייה: חוקפנות, שמירת
טריטוריה, חפירה, חיזור.
3. תהליך הרבייה
הטלת ביצים, הפריה, שמירת הביצים, טיפול בצאצאים.
תגובת הפחד אצל הדגים הצעירים.
הקשר בין מיספר הצאצאים לטיב הטיפול, וסיכויי ההיוותרות בחיים.
4. רביית אמנון דוגר-קרקע בהשוואה לדוגר-פה (פרקי קריאה ושיחה).
עונת הרבייה וגורמים המשפיעים עליה
5. עונת הרבייה וגורמים המשפיעים עליה
טמפיראטורה, אורך-יום.
עונות-רבייה אצל בעלי-חיים שונים.
6. תופעת הטריטוריה אצל בעלי-חיים אחרים
דוגמה: עופות, טריטוריית-תזונה אצל נחליאלי (פרקי קריאה ושיחה).
7. הרבייה אצל משריצי-חיים - דגים, כרישים, גמבוזיה (פרקי קריאה ושיחה).

מיספר
השיעורים

9 - 8

פרק ז': האקוואריון כמערכת מאוזנת

1. השוואה בין אקוואריון לבריכת-מים טבעית
האם לשמירת החיים באקוואריון הכרחית התערבות האדם?
האקוואריון, כמערכת בעלת קיום עצמאי.

2. מרכיבי האקוואריון

מים, חול, דגים, חלזונות וצמחים.
יחסי-הגומלין בין המרכיבים השונים.
יחסי התזונה וחילופי הגאזים.

3. הפרת מצב שיווי-המישקל באקוואריון

החסרת מרכיב זה או אחר ומעקב אחר השינויים.
הפרת שיווי-המישקל על-ידי שינויים ביחסי-כמויות של
המרכיבים השונים.

4. "ספינת חלל" כדוגמה למערכת עצמאית (פרקי קריאה ושיחה).

4. תוכנית לכיתה ח'

קשיים בדומה לאלה אשר צויינו בקשר ללימוד על בעלי-החיים בסביבתם הטבעית, קיימים גם ביחס לצמח, אם כי אולי במידה קטנה יותר. גם בדוגמה המעובדת (והמצורפת) המוצעת בנידון זה, מובא בית-הגידול לכיתה או לחצר בית-הספר.

נושאי-הלימוד המרכזיים בכיתה ח' יהיו:

(א) הצמח ובית-גידולו.

(ב) האדם והתערבותו בטבע.

(א) הצמח ובית-גידולו

1. הכרת ביוטיפ.

2. תלות הצמח בגורמים הפסיקאליים שבבית הגדול.

3. תלות הצמח בגורמים הביוטיים (יחסי הצמח-צמח ויחסי הצמח-בעלי-חיים).

4. הביוטיפ, שיווי-המשקל שבו והשתנותו.

(ב) האדם והתערבותו בטבע

1. האדם בייחודו.

2. האדם משנה, את סביבתו למטרותיו.

3. הסכנות הכרוכות בהתערבות האדם בטבע.

ראשי-פרקים מעובדים מצורפים להלן:

מיספר
השיעורים

49 - 44

נושא ב' - הצמח ובית-גידולו

3 - 2

פרק א' : הכרת ביוטופ

1. הכרת בית-גידול של עשבים רעים

התחרות בין עשבים רעים לעשבי-תרבות.
מה הם הגורמים, שעליהם מתחרים צמחים בבית-גידול?

20 - 22 פרק ב' : תלות הצמח בגורמים הפיסיקאליים שבבית-הגידול

1. חשיבות המים לצמח

מה קורה לצמח הגדל בתנאי מחסור-במים.
המים מהווים את עיקר מישקלו של הצמח.

2. מהיכן קולט הצמח את המים?

לחות הקרקע.

לחות האוויר.

3. כיצד קולט הצמח את המים?

שורשים, צורותיהם ותיפקודם.

קליטת המים על-ידי הצמח - תהליך אוסמוטי.

4. הסתגלות הצמח לקליטת מים

השוואת מערכות-שורשים בנוף של עשבים רעים אל מערכות-שורשים
בנוף של צמחי-תרבות.

הסתגלות הצמחים לקליטת-מים.

5. מאזן-המים של הצמח

השוואת הנוף של צמחים בבית-הגידול, בקיץ ובחורף.

השוואת הנוף של צמחים בבית-גידול שהוא עשיר במים אל נוף צמחים
שבית-גידולם עני במים.

השפעת הטמפיראטורה על מאזן-המים של הצמח.
אידוי כההליך פיסיקאלי.
איבוד המים על-ידי הצמח.
מנגנונים מורפולוגיים ופיסיולוגיים למניעת אידוי-יתר.

6. חשיבות האור לצמח - פוטוסינתזה

יצירת חומרים אורגאניים בצמח בתהליך הפוטוסינתזה.
האור כגורם הכרחי בביצוע תהליך הפוטוסינתזה.
פחמן דו-חמצני ומים כחומרי-גלם.
הכלורופיל - חומר הלוכד את אנרגיית-האור.

7. העלה והתאמתו לביצוע תפקידיו

8. דרכי-הסתגלות בצמחים להשגת אור

מיספר
השיעורים

10 - 15

פרק ג': תלות הצמח בגורמים ביוטיים (יחסי הצמח-צמח ויחסי הצמח-בעלי-חיים)

1. יחסים בתחום המזון

צרכן-יצרן.
שרשרות-מזון ופירמידות-מזון.
יחסי טפילות ספרופיטיות, קומנסליזם, סימביוזה.

2. יחסים בתחום הרבייה

האבקה והפריה.
תפוצת זרעים ופירות.

3. הצמחים כמקור חומרי-גלם לאדם.

מס' 12-9
החוק

12 - 9

פרק ד': הביוטופ, שיווי-המשקל עבו והשתנותו

מאזני חומרים ואנרגיה

.1

שינויים מחזוריים בביוטופ והשפעתם על החברות המרכיבות אותו
(תנודות יומיות ועונתיות)

.2

שינויים בתנאי הסביבה ותוצאותיהם האפשריות

.3

(הסחגלות, הגירה או הכחדה).

מיספר
השיעורים

נושא ג' - האדם בייחודו והתערבותו בטבע
(הצעה טנטטיבית)

פרק א': האדם בייחודו (טרם עובד)

1. מערכת-העצבים המרכזית ותפקידה בפיתוח התכונות המיוחדות של האדם
2. האדם יוצר ויציר-התרבות
התנהגות מלידה, התנהגות נלמדת, למידה, זיכרון וכו'.
שימוש בכלים להגברת יעילות איברי האדם וחושיו.
אמצעים להגברת יכולת-הקליטה של החושים.
אמצעים הקשורים בכושר החשיבה והתקשורת בין בני-אדם.
3. הרבייה באדם
4. בעיית התפוצצות האוכלוסין והאמצעים להספקת צורכי האוכלוסייה הגדלה

פרק ב': האדם משנה את סביבתו למטרותיו

1. היכן מסוגל האדם לחיות?
(מיגבלות גיאוגראפיות והשפעתן).
האדם "כלוקח סביבתו עימו" (טיולי חלל, צלילה במים וכדו').
2. החקלאות - התערבות מכוונת של האדם בסביבתו
ביות.
איקלום והעברת צמחים ובעלי-חיים על-ידי האדם.
יצירת תנאי-גידול מכוונים לצמחים ובעלי-חיים (השקאה, זיבול חממות וכו').
הגנת צמחים ובעלי-חיים מפני אויביהם הטבעיים.

פרק ג': סכנות הכרוכות בהתערבות האדם בטבע

שימור הטבע (הגנת הטבע).

.1

השחתת הנוף, הכחדת בעלי-חיים וצמחים.
הפרת שיווי-המישקל הביולוגי (ריסוסים וכו').
שימור פוריות הקרקע.
זיהום האוויר והמים ותוצאותיהם.
סכנת קרינה.

תוכנית לכיתה ט'

5.

כדור-הארץ מאוכלס במיליוני טיפוסים של יצורים הנבדלים זה מזה. אבל לכולם משהו משותף, כולם עשויים מאותן יחידות מיבנה ואירגון כימי זהה, שבהם קשורה חיותם.

תוכן הלימודים של כיתה ט' יוקדש למה שהביולוגים יודעים על החיים, וכיצד הגיעו ליידע זה (כחומר לימודי מעובד-לדוגמה יכולה לשמש הסידרה ביולוגיה - חקר החיים).

נושאי-הלימוד יהיו:

- (א) תחומי הבעיות שבהן עוסקת הביולוגיה, וכיצד נתהוותה חלוקת-תחומים זו.
- (ב) דרך החשיבה והחקר במדע, לפי דוגמת תולדות פיתרונה של בעיה ביולוגית.
- (ג) החיים מה הם? - היש לכך תשובה חד-משמעית? בריאה מאליה (גיניראציה ספונטאנית), ויכוחים משכבר הימים ומה חושבים על-כך היום.
- (ד) קשרי-גומלין בין התפתחות המדע לטכניקה. המצאת המיקרוסקופ וחלקו בשינוי התפיסה והחקירה המדעית.
- (ה) תיאוריית התא.
- (ו) הקשר שבין התפתחות הכימיה וקידום פיתרוןן של בעיות ביולוגיות.
- (ז) כל התאים וכל האורגאניזמים החיים מורכבים מאותן תרכובות כימיות. מה הן תרכובות אלה, והאם יש חוקיות מסויימת, המכוונת את התהליכים הכימיים המתרחשים באורגאניזם זה? חוק-שימור-המסה וחוק-שימור-האנרגיה, בהקשר לתופעות-החיים.
- (ח) התא: התאמה בין מיבנה לפעולה.
- (ט) מחזור האנרגיה בתא. מה מבינים אנו ומה איננו מבינים בפעולתו של התא?

- (י) התלות ההדדית בין אורגאניזמים שונים: מחזורים בסבע, יצרנים וצרכנים, שרשרות-מזון.
- (יא) רבייה כאחת התכונות המאפיינות אורגאניזם חי. מיטוזה, מיוזה, דנ"א וההמשכיות התורשתית.
- (יב) תורשה מנדלית (ברמה יסודית ביותר).
- (יג) דנ"א כבסיס הכימי של התורשה והישגים בהבנת הצופך הגניטי.
- (יד) הגן - והמשמעות האיוולוציונית של שינויים החלים בו.
- (טו) פרשיות נבחרות באיוולוציה.

חומר זה ניתן ללמד במשך שנה אחת, תוך הסרת המחיצות בין שיעור למעבדה, כלומר שכל ההוראה תיעשה בחדר-המעבדה. בדומה לכך גם בכיתות ז' - ח' חשוב שלא יהיה הבדל בין שיעור למעבדה.

במשך השנה יש לשלב הסתכלויות בשינויים המתרחשים בעונות השונות בסביבה הקרובה. רצויים סיורים קצרים, ורצויה שהיית שבוע בבית-ספר-שדה של החברה להגנת הטבע, שהייה ממושכת יותר באיזור השונה בנופו ובאקלימו מאיזור-המגורים.

דרישות מוקדמות (משערות) מתלמיד המסיים
כיתה ו' והעתיד ללמוד ביולוגיה לפי התוכנית

החדשה

הדרישות נוסחו באופן כללי בתחום היידע בלבד.

1. בתחום ידיעת הצמח (לרבות ידיעות רקע במדעים הפיסיקאליים):

(א) הכרת מיספר צמחי-בר, צמחי-תרבות (נוי וכו'), תפוצים ביותר באיזור, והכרת חלקי-הצמח ותפקידם.

מושגים על:

מקום גידולם ודרישות גידולם.

תמורות (חופעות פנולוגיות) עונתיות.

דרך רבייתם ותפוצתם.

מושגים והבנה במיון וזיהוי צמחים אלה לפי סימנים בולטים לעין (ללא שימוש במגדיר).

(ב) הכרת מחזור-חיים של צמחי-הזרע

מושגים על:

תהליכי הנביטה, צמיחה, פריחה, הבשלת פרי וזרע.

השפעת גורמי קרקע, אוויר, מים, אור וטמפיראטורה (מושגים ראשוניים).

יחסי-הגומלין בין צמחים לבעלי-חיים (מושגים ראשוניים).

מצבי-הצבירה של החומר (תכונות של מוצקים, נוזלים וגאזים).

אזור כדור-הארץ (אקלים, השפעת האקלים על תנוף, היווצרות קרקע, סחף).

תכונות המים ומחזור-המים בטבע.

מזג-האוויר, מישקעים, זרמי-אוויר וכו'.

2. בתחום ידיעת בעלי-חיים (לרבות ידיעות-רקע במדעים הפיסיקאליים)

הכרת מיספר בעלי-חיים נפוצים בסביבה (הדגש על הביולוגיה וההתנהגות).
מושגים על בית-גידולם ואורח-חיהם במשך השנה (פנולוגיה).
הסתגלותם לתופעות אקלימיות, השגת מזון ומים.
הכרת מיבנה-הגוף של בעלי-החיים (חיצוני ופנימי).
תהליכי-החיים אצל יונקים, עופות וחרקים. רבייה, גידול והתפתחות צאצאים
והיחס אליהם (גלגולים של צפרדע, חרקים וכו').
הבחנה בין קבוצות אהדות של בעלי-חיים, כגון יונקים, עופות, זוחלים, דו-חיים,
דגים, חרקים וחולעים.
הכרת חיות-בית וחיות-בר נפוצות (תוך טיולים, סיורים, גידולם בפנינת-החי או
ביקורים בגן-החיות).

3. בתחום גוף-האדם

נושאים הקשורים ב"הכר את גופך", ידיעות במיבנה הגוף, בתהליכים המתרחשים
בו תוך הדגשת האספקט ההיגיני.
מושגים על מיבנה מערכות השלד והשריריכ ותפקידים.
כוחות, מנופים (גלגלים, מאזניים).
כיסוי הגוף, הולכת חום, מוליכים טובים ומבודדים טובים, אמצעים לשמירת
הטמפיראטורה של הגוף.
מערכת העיכול: מזונות ופירוקם במונחים פשוטים, תהליכי עיכול, ספיגת מזונות.
מערכת הנשימה: האוויר והרכבו O_2 ו- CO_2 ותכונותיהם, תהליכי בעירה והחלדה,
פיעפוע.
מערכת המחזור (דם ולימפה), התגוננות הגוף בפני גורמים זרים.
מערכת ההפרשה ברמה בסיסית ביותר.
איברי-החושים (מן האספקט ההיגיני בעיקרו).

קווים כלליים לתוכנית הביולוגיה בכיתות י"ז-י"ב

א. תוכנית לכיתה י'

השוני בין האורגאניזמים החיים בעולם בולט לעין הרבה יותר מאשר האחידות שביניהם. אולם רבגוניות הצורות מדגימה דרכי-פיתרון-שונים לבעיות דומות: בעיות השמירה על החיים וההמשכיות תוך כדי הסתגלות לתנאי הסביבה.

החומר הלימודי לשנה זאת מרובה למדי, ואין לצפות מן המורה שידגיש במידה שווה את כל הנושאים שבו. זכותו של המורה לבחור מחוכם כרצונו, כדי להביא את החלמיד להכרת העיקרון שנוסח לעיל. כבסיס לתוכנית מניחים, שכבר לפני-כן למד התלמיד את המיבנה של צמחים ובעלי-חיים ורכש ידיעות על פונקציות רבות של אורגאניזמים אלה. ניתן איפוא להתבסס על ידע זה, להרחיבו, להאירו באור חדש, ולעשות בו מאניפולאציות ואפליקאציות חדשות.

נושאי-הלימוד יהיו:

(א) הגורמים להתפתחות השוני והרבגוניות בין האורגאניזמים החיים, וליצירת מינים חדשים. יסודות המיון;

(ב) מיקרואורגאניזמים.

1. הנגיפים - היצורים החיים הזעירים ביותר. תולדות גילויים, על-סמך מה מוגדרים הנגיפים כיצורים חיים? מיטבוליסם ואורח רבייה.
2. חיידקים - היצורים הפשוטים ביותר, בעלי מיבנה תאי. מיבנה תא החיידק, מיטאבוליסם ורבייה.
3. חיידקים והיצורים החיים האחרים; החיידקים ומחזור הפחמן; החיידקים ומחזור החנקן; כיצד הוכח, כי החיידקים הם גורמי מחלות; מחלות באקטריאליות בצמחים ובעלי-חיים; חיסון; עיקור חומרי-מזון; חיידקים מועילים בתעשייה; חיידקים כמודלים של אורגאניזם יותר מורכב במחקר הביולוגי.

(ג) פטריות - צמחים או בעלי-חיים? צורות רבייה; הסתגלות לחיי יבשה.
פטריות מועילות ומזיקות (קלקול המזון, מחלות צמחים ובעלי-חיים)
פטריות מאכל ורעל.
פטריות כמקור לטוקסינים ולחומרים אנטיביוטיים. שמרים וסוגי תסיסה.

(ד) צמחים בעלי מיבנה פשוט ומורכב.

1. אורגאניזם חד-תאי ורב-תאי.
2. הסתגלות לחיי יבשה, בעיקר במנגנוני-הרבייה.
3. הדגשת בעיות תיפעול אורגאניזם רב-תאי בניגוד לפשטות האורגאניזם החד-תאי והבעיות המתעוררות עם החיים על היבשה.
4. הצמחים הירוקים. הפוטוסינתזה ומשמעות הפוטוסינתזה לקיומם של כל האורגאניזמים החיים בעולם. העלה - מיבנהו ופעולתו, והתאמתו לפוטוסינתזה.
5. מערכות-קשר בין חלקי האורגאניזם השונים: מיבנה חלקי-הצמח; פונקציות השורש ומערכת ההובלה.
6. מאזן-המים של הצמח.
7. רבייה בצמחים עילאיים.
8. ויסות הורמונאלי של התפתחות מכוסי הזרע.

(ה) בעלי-חיים פשוטים ומורכבים:

1. אורח-החיים ואנימאלי (לפי דוגמה. למשל: סנדלית, חגב, צפרדע או האדם).
2. קליטת מזון, עיכולו וחלוקתו בגוף.
3. הספקת אנרגיה - נשימה.
4. מערכת ההובלה.
5. הומיאוסטאסיס באורגאניזם חד-תאי ורב-תאי: מאזן-מים, מאזן-מלחים, חום קבוע וחום משתנה. הרחקת חומרי-פסולת וחומרים טוקסיים.

6. ויסות עצבי, ויסות הורמונאלי, קשר עם העולם החיצון (איברי-חוש, השפעת העונות, תקופות מנוחה, פוטופריודיות, הנכונות לרבייה).
7. רבייה בבעלי-חיים.
8. התפתחות בבעלי-חיים.

בכל אחד מן הנושאים האלה יש להדגיש את הצד השוואתי: כיצד נפתרה הבעיה בבעלי-חיים שונים החיים בתנאים שונים, וכיצד - אצל האדם.

מבין נושאים אלה נראים לנו כחשובים ביותר:

- (א) הומיאוסטאזיס וויסות פעולות האורגאניזם.
- (ב) תחושה ותגובה על גירויי הסביבה.
- (ג) מנגנוני רבייה.

אפשר ללמד נושאים אלה באופן השוואתי בצמחים ובבעלי-חיים, אבל כל צירוף-נושאים שהוא, מבין המובאים לעיל, יהיה לגיטימי ויביא לידי הבנת העיקרון שהודגש בראש התוכנית לכתה י'. בגישה זו אין בעיה של הספק.

גם בכיתה י' יש להקדיש זמן לסיורים לצורך הכרת הסביבה הקרובה ובתי-גידול שונים בשטחי המדינה, ושהייה בבית-ספר-שדה.

גם כאן מומלצת מסגרת הוראה שאינה מפרידה בין שיעור עיוני לעבודת מעבדה.

כחומר לימודי מעובד-לדוגמה יכולה לשמש הסידרה "ביולוגיה - חקר החיים".

תוכנית לכיתה י"א

א.

היצורים החיים של היום הם שלב בהמשכיות החיים מאז הופיעו היצורים החיים הראשונים על-פני כדור-הארץ.

פרטים מתים, מינים נכחדים, אך פרטים חדשים נולדים ומינים חדשים מתפתחים.

הבנת ההמשכיות-חוך-כדי-השתנות מבוססת על הבנת מנגנון-החורשה, פעולתו והשתנותו ביחידים ובאוכלוסיות.

לימודי כיתה י"א מהווים איפוא התעמקות בבעיות אלה, שנידונו ברמה נמוכה יותר כבר בכיתה ט'.

נושאי הלימוד יהיו איפוא:

- (א) המשכיות. גיניטית ומהותה.
- (ב) מנדל וגיליוו - התורשה המנדלית שצמחה ללא ידע על מיבנה התא או הכרומוסומים.
- (ג) הבסיס הכרומוסומי של התורשה.
- (ד) הגנים ופעולתם: מושג הגן; האופי הכימי של הגן; דנ"א, מיבנה והכפלתה; כיצד פועל הגן - הצופן הגיניטי; דנ"א, רנ"א וסיתוזה של חלבון. גנים ואנזימים. מוטאציות ויחסי-הגומלין בין הגרעין ובין הציטופלאסמה.
- (ה) גנים באוכלוסיות: מאגר גנים; עקרון הרדי-ויינברג והחלתו; אוכלוסיות בתנודה; השבחה מינים.
- (ו) תורשה באדם.
- (ז) האיוולוציה ומהותה: התפיסה הדארוויניסטית של האיוולוציה (בהרחבה); ראיות לאיוולוציה.
- (ח) מנגנון האיוולוציה: מוטאציות, רקומבינאציות, גורמים חיצוניים באיוולוציה; גורמים ביצירת מינים חדשים (הרחבה לגבי הנלמד בתחילת כיתה י'). גורמים חברתיים באיוולוציה.

- (ט) מוצא החיים על פני האדמה: עדויות פאליאונטולוגיות להופעת הקבוצות השונות של האורגאניזמים; ניסויים מעבדתיים ליצירת חיים.
- (י) האיוולוציה של האדם; ייחודו של האדם כיצור חי, בעל תרבות המשתמש במכשירים.
- (יא) האדם והסביבה: המערכת האיקולוגית - חברות צמחים ובעלי-חיים בתוכה, ויחסי-הגומלין ביניהם. האדם כגורם המשנה את שיווי-המשקל במערכת האיקולוגית.
- גם כאן מומלצת מסגרת לימודים - שאינה מבחינה בין שיעור למעבדה. בתוכנית הלימודים יש לשלב סיורים ושהייה בבתי-ספר-שדה.

ב. תוכנית לכיתה י"ב

לימודי הביולוגיה בכיתה י"ב מכוונים רק לתלמידים בעלי עניין מיוחד
בביולוגיה, דהיינו תלמידי המגמה הביולוגית או חוגים ביולוגים מיוחדים.

לימודי הביולוגיה בכיתה י"ב יהיו מאורגנים בצורת עבודה קבוצתית של
חוליות תלמידים העוסקים למעשה בחקר בעיות ביולוגיות קטנות, משחמשים
לשם כך בכל הכשרים שרכשו בשנות-לימודיהם הקודמות ומחילים אותם,
למעשה בפיתרון בעיות ביולוגיות קלות (ולא דווקא חדשות) שהמורה עוזר
להם לבחור לצורכי מחקרם.

תוך כדי העבודה יושם הדגש על פיתוח הכשרים האלה:

תיכנון ניסויים, רישום נתונים, עיבוד נתונים בשיטות סטטיסטיות; שימוש
בסיפרות; ניתוח מימצאי הסיפרות; השוואת הממצאים המתקבלים עם
המימצאים המצויים בסיפרות.

לביצוע המשימות האלה יש לאפשר לתלמידים גישה חופשית למעבדה, יום-
יום בזמן קבוע פחות או יותר.

בעבודת "המחקר" הזאת, הנעשית על-ידי תלמידים, רצוי לשלב ביקורים
במוסדות-מדע, עבודה בהתנדבות במוסדות-מדע, הזמנת מדענים להרצות לפני
התלמידים על שטחי-מחקר שונים, על בעיות ביולוגיות שונות ועל התפתחויות
חדשות במדע הביולוגיה.

אף כאן מומלצת מסגרת-הלימודים - שאינה מפרידה בין שיעור למעבדה.
כחומר לימודי מעובד-לדוגמה יכולה לשמש הסידרה "ביולוגיה - ניסויים
ורעיונות".