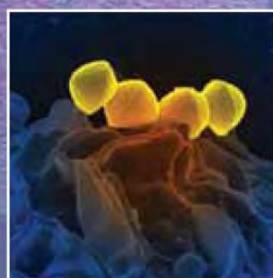


הסמויים מן העין

על מיקרואורגניזמים וביוטכנולוגיה

מאת: אסתי לסלו
ראש פרויקט: טלי טל



מדריך למורה

פיתוח וכתובה: ד"ר אסתר לסלו

ראש הפרויקט: פרופ' טלי טל

עריכה ויעוץ דידקטי: ד"ר מאשה צאוש

עיצוב גרפי של הכריכה והתרשימים הלקוחים מהספר: דגנית סטנייצקי, ספרי ניב

תמונות ואיורים: רשימת קרדיטים מלאה מופיעה בסוף החוברת

קראו והעירו: ד"ר מיכל נחשון, ענת אסולין ירדן קדמי

תודות לפרופ' ראובן לזרוביץ וד"ר מחמוד חליל ראש הפרויקט וכותב הספר "עולמם המופלא של המיקרואורגניזמים"

תודה למורים שהתנסו בהוראה מוקדמת ושיתפו בהערותיהם:
ד"ר רקפת דנאי, נורית לנדמן ונאוה רון.

תודה לפרופ' אילת ברעם צברי ולחברי קבוצת הוראת הביולוגיה ותקשורת המדע בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון על רעיונותיהם שהיוו השראה לגישה החינוכית של ספר זה.

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מבוא

הכרת עולם המיקרואורגניזמים פותחת בפני הלומד עולם הסמוי מן העין, ויוצרת מודעות לאוכלוסיית המיקרואורגניזמים סביבנו ובתוך גופנו. את השפעותיהם של המיקרואורגניזמים בגופנו על איזון הסביבה הפנימית, היציאה משיווי המשקל וגרימת מחלות מתחילים להבין רק לאחרונה. במקביל מתנהל מחקר לחיפוש דרכים נוספות הן להתמודדות עם נזקי המיקרואורגניזמים, והן לניצולם לצרכי האדם. ידע בנושאים אלה זו עשוי לסייע ללומד בקבלה מושכלת של החלטות לגבי התנהגות המונעת מחלות, שימוש באנטיביוטיקה וחיסונים, צריכת מזון מהונדס גנטית ועוד.

כדי להבין תהליכים במיקרוביולוגיה, על התלמיד להבין את סדרי הגודל של המיקרואורגניזמים ולהתגבר על תפיסות שגויות. הספר מטפל בתפיסות כמו "כל המיקרואורגניזמים מזיקים", "אנטיביוטיקה היא תרופה לשפעת", "חיסון מהווה סכנה"; "בעלי מערכת חיסון טובה אינם זקוקים לחיסונים", או "חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה יהיו חסינים בפני שטיפת ידיים". תפיסות שגויות אלה ואחרות מונעות הבניית ידע לכיד ועקבי.

הנגשת המדע לכל דורשת יצירת עניין ורלוונטיות של הנושאים המדעיים, באופן המאפשר לפתח כלים ליישום ידע מדעי בחיי יומיום, לפתרון בעיות וגיבוש עמדות מבוססות ידע, למעורבות אזרחית ולהשתתפות בשיח ציבורי.

יחידת הלימוד "הסמויים מן העין" עוסקת בנושאים במיקרוביולוגיה באמצעות סוגיות מעולמו של התלמיד, ומפתחת כלים לנקיטת עמדות מושכלות ומבוססות ידע. הלימוד מעודד חשיבה המבוססת על ידע מדעי, מפתח תפיסות אודות מהות המדע, ועוסק גם בהיבטים חברתיים ומוסריים.

היחידה עוסקת בנושאים מתחומי הבריאות, הסביבה והביוטכנולוגיה. הוראת הנושאים השונים יוצאת מתוך שאלות המועלות על ידי התלמידים בתחילת כל פרק, ועוסקת בסוגיות העולות בשיח הציבורי. הלימוד נעשה תוך שימוש במגוון רחב של פעילויות כגון מעבדות, הוראה מבוססת דרמה וסימולציות, למידה שיתופית, ודיונים מדעיים-ערכיים.

להלן מספר דוגמאות:

הפרק "על השמנה, מיקרוביום ואחריות..." מציג את התפתחות המיקרוביום לאורך חייו של האדם, ודן במחקרים העוסקים בחלקם של המיקרואורגניזמים בהשמנה. מתוך כך נבחנים מחדש תפקידה של התזונה ואופן השפעתה על מאפיינים שונים של פיזיולוגיה האדם ובריאותו.

רביית החיידקים נלמדת מתוך הכרת תפקיד החיידקים בתהליך ייצור שוקולד.

"תעלומה בחדר יולדות" מזמינה את התלמידים להתחקות אחר הסטרפטוקוקים. באמצעות הסיפור הם יבינו מהי מחלה, כיצד היא פוגעת בגוף, מהן סכנותיה, כיצד היא ניתנת לאבחון (תוך היכרות עם שיטות זיהוי מחלות במעבדות קליניות), וכיצד ניתן למנוע אותה או לטפל בה.

בפרק על אנטיביוטיקה התלמידים ייחשפו למשמעות של העלון לצרכן. הם ילמדו להבין את תפקיד החומר הפעיל, סוגית העמידות לאנטיביוטיקה וחשיבות ההקפדה על מינון באמצעות התנסות בדרמה, סימולציות ופעילות במעבדה.

באמצעות שימוש בדרמה נבחן גם מדוע בכל שנה השפעת מתפרצת מחדש. בפעילות של עבודה שיתופית ייבדק הקשר בין מחלה (שושנת יריחו) להרחבת ישובים ולחיות בר. דיון שיתופי נעשה "על חיסונים ועל מתנגדים", ופיתוח של שיטות להכנת לחם וגבינות מאפשר ביסוס של הידע במיקרוביולוגיה. בסימולציה ובדיון כיתתי נבחן האם ביוגז יכול להוות פתרון לפסולת האורגנית במדינת ישראל, ובדיון מקוון ננסה להכריע בשאלה האם מזון מהונדס גנטית מהווה קידמה או סכנה.

דרכי ההוראה

עיסוק בסוגיות אמיתיות

נושאי הלימוד מוצגים לתלמידים תוך שימוש בדוגמאות מוחשיות ואותנטיות, ובדילמות העולות מן השיח הציבורי, באופן המזמן את התלמיד לחשיבה מדעית, ערכית ואזרחית. הצגת תופעות אמיתיות דורשת מהתלמיד הבנה עמוקה יותר של הידע המדעי הרלוונטי לשאלות הנידונות, ובכך מפתחת כלים להתמודדות עם סוגיות מדעיות-חברתיות. הספר מכיל קישורים רבים למקורות מידע מגוונים, ברמות שונות ובסגנונות שונים, באופן המאפשר התאמה לתלמידים שונים, לפי בסיס ידע, הבנה ועניין אישי.

שאלת שאלות

לשם הגברת למידה מתוך עניין ומוטיבציה פנימית, הספר משלב הזדמנויות לעיסוק בשאלות המעניינות את התלמידים. השאלות ייאספו בתחילת כל פרק, יקבלו התייחסות במהלך ההוראה, ויהוו בסיס לסיכום הפרק.

מומלץ מאד לשלב נושאים ודוגמאות שעלו מתוך שאלות התלמידים בהזדמנויות מתאימות במהלך הוראת הפרק. חגי וברעם-צברי (2012)¹ ממליצות על השימוש בשאלות באופן הבא:

- ✓ איסוף שאלות עניין בעילום שם, באופן היוצר ביטחון אצל תלמיד.
 - ✓ חשיפת השאלות לכל תלמידים, ובכך יצירת סקרנות ועניין לתוכן העתידי.
 - ✓ התייחסות לכמה שיותר שאלות בעת הוראת הפרק, כדי לעורר עניין להעשיר את הדיון, ולתת לתלמידים תחושת שייכות.
- בסיכום כל פרק על התלמידים לבחון אילו שאלות קיבלו מענה או כיוונים למחשבה. בהתאם, מומלץ לתת לזוגות תלמידים לחפש מענה לשאלות שלא נענו, ולהציג לכיתה, למשל בקבוצת דיון מקוונת.

¹ רעיונות לשילוב ניתן למצוא במאמר: חגי, גלית וברעם-צברי, אילת (2012). להקשיב לקול התלמיד: שילוב שאלות תלמידים בתכנית הלימודים כמשאב להגברת העניין בשיעורי הביולוגיה, עלון למורי הביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה: 185. <https://tinyurl.com/micro-hagai>

דרמה

המחזת תופעות מדעיות מאפשרת לתלמיד לחדד הבנת תהליכים מדעיים, תוך מעורבות רגשית והנאה. הדרמה מאפשרת למידה רב חושית, חווייתית ורגשית, ובכך מאפשרת המחשה של נושאים מופשטים. בתרגילים אלו תלמידים יוצרים מעין מודל של התופעה המומחזת, מחדדים את הבנתם את הנושא, ומציפים תפיסות שגויות. תכנון האנלוגיה המומחזת לתופעה, ביצוע הדרמה, והרפלקציה לאחר התהליך, מאפשרים הבנה מעמיקה יותר של הנושא. פלג וברעם-צברי² (2009) ממליצים על העקרונות הבאים:

✓ יצירת אווירה של פתיחות, על מנת שכל תלמיד ירגיש ביטחון להביע עצמו בדרך מיוחדת זו, שאינו רגיל לה במסגרת הכיתה. ניתן להגיע לכך באמצעות תרגילי חימום של משחקים דרמטיים קצרים.

✓ יצירה של מעין "חוצה דרמתי" (פלג, 2011):

- אנחנו מסכימים לעבוד יחד כך שהפיקציה תעבוד: לקחת תפקיד, להישאר בתפקיד ולקבל את הבדיון – את הלא אמיתי.
- אנחנו נשתמש בדמיון לעבור למקומות וזמנים שונים
- אנחנו מבינים שלפעילות יש משמעות כלמידה והיא חלק מתוכנית הלימודים
- אנחנו נהנים – אבל בצורה רצינית
- אנחנו דואגים אחד לשני, ומכילים את ההבעה הדרמטית
- המורה יכול לקחת חלק בדרמה
- אפשר למעות, אנחנו לא מנחים
- אנחנו נכנסים לדרמה, יוצאים מהדרמה, ועושים רפלקציה על הדרמה

✓ יש לתת הזדמנות ביטוי לכל התלמידים באמצעות תפקידים שונים.

✓ התלמידים מביעים בדרמה את הדרך בה הם מבינים את התהליכים, ובכך נוצרת הזדמנות להבחין בתפיסות שגויות, ולחדד את הידע הביולוגי.

✓ יש לעסוק באופן מפורש בהקבלה בין הסימולציה לתהליכים הביולוגיים: אילו ממרכיבי התהליך הודגמו, מה דומה ומה שונה בין הסימולציה לתהליכים שהודגמו. בכך ניתן להעמיק את ההבנה, ולמנוע תפיסות שגויות.

הזדמנויות ללמידה שיתופית

הספר מאפשר ומעודד למידה שיתופית לשם הבניית ידע, הנוצרת תוך היכרות עם נקודות מבט שונות של התלמידים. דיונים קבוצתיים, בהם מציגים תלמידים שונים מקורות מידע שונים, מאפשרים השתתפות פעילה ותרומה אישית של כל תלמיד ללמידה. העבודה השיתופית כוללת למשל:

- ✓ חקר עיוני
- ✓ חקר במעבדה
- ✓ יצירת תוצר משותף כגון מפת מושגים, טבלה, קריקטורה או דרמה
- ✓ דיונים קבוצתיים וכיתתיים
- ✓ קבוצות דיון מקוונות

² השיטה מתוארת במאמר: פלג, רן וברעם-צברי, אילת (2009). דרמה מתחת למיקרוסקופ: תיאטרון בהוראת המדעים. מוט"ב כעת, גיליון מס' 4, תשס"ט.

מפות מושגים

מפות מושגים מציגות באופן חזותי מידע על ארגון הידע של התלמידים. יצירה שיתופית של מפת מושגים מאפשרת דיון מעמיק בין תלמידים, העשוי להבהיר ולחדד ידע וכן לחשוף תפיסות שגויות. מצד המורה מפות המושגים משמשות גם לאבחון בסיס הידע של התלמיד הבודד ושל הכיתה, ולאפיין את התפיסות השגויות של התלמידים. על מִיפוי מושגים ניתן לקרוא במאמר של [תמי יחיאל: 'מפת מושגים' ככלי ללמידה משמעותית ולהוראה משמעותית](#).

מומלץ להשתמש באפליקציה ליצירת מפות מושגים [כרטא-הב](http://kartahub.com) <http://kartahub.com>. האפליקציה מאפשרת לתלמיד ליצור מפות בקלות, ויותר מכך, מאפשרת למורה לבדוק אותן ביעילות ובמהירות בזמן אמת.

מעבדות תצפית ומעבדות חקר

מיומנויות חקר ומעבדה נלמדות תוך התנסויות מעשיות והכרת הנושא באופן אמפירי.

בספר 11 מעבדות, ועוד הצעות למעבדות חקר להרחבה. הן נבנו מתוך ניסיון לתת מענה גם לבתי ספר בהם אין מעבדות. החומרים והמיקרואורגניזמים המעבדתיים ניתנים להשגה באמצעות [המרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי הספר](#), ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר אילן, וכן [בקישור](#).

מעבדות בהן מתבצע גידול חיידקים דורשות [תנאי בטיחות ונהלים](#) בהתאם לחוזר מנכ"ל מעודכן. באתר הפיקוח על הוראת הביולוגיה מתפרסמים מעת לעת [עדכונים של חוזרי מנכ"ל בנושא מעבדה](#).

תכנים, מיומנויות ותפיסות המתבססים על תכנית הלימודים של מוט"ל וה-NGSS³

1. תכנים: רעיונות מרכזיים (מתוך תכנית הלימודים)

בסיום כל פרק בספר מופיעים עיקרי התכנים והרעיונות המרכזיים מתוך תכנית הלימודים.

- ✓ מיקרואורגניזמים הם יצורים זעירים החיוניים להתרחשותם של תהליכים רבים בטבע
- ✓ חיידקים מתרבים על ידי חלוקת התא
- ✓ נגיפים הם טפילים ויכולת התרבותם תלויה בתא המאכסן
- ✓ חיידקים ונגיפים גורמי מחלות מסוגלים להתרבות בגוף האדם ולפגוע בתאי הגוף
- ✓ ניתן למנוע מחלות הנגרמות על ידי מיקרואורגניזמים ולטפל במחלות בדרכים שונות
- ✓ מחלה היא מצב של פעילות לא תקינה של מערכות בגוף שעלול להיגרם מסיבות שונות
- ✓ לאורח החיים של הפרט ולהתפתחות המדע והטכנולוגיה יש השפעה על הבריאות
- ✓ אורח חיים בריא הוא מכלול התנהגויות מקדמות בריאות שהאדם יכול לשלוט בהן, והן מאפשרות לו להגיע לאיכות חיים מיטבית במסגרת יכולתו ותנאיו
- ✓ מיקרואורגניזמים מתרבים במזון ועלולים לגרום לקלקול
- ✓ האדם משתמש במיקרואורגניזמים ברפואה, בתעשייה ובחקלאות



³ The Next Generation Science Standards

פרקטיקות מדעיות	דוגמאות מהספר
ניסוח שאלות המבוססות על רלוונטיות לסוגיה, תופעה המזמנת חקר, או הגדרת בעיה בטכנולוגיה	תכנון ניסוי להכנת יוגורט הבוחן השפעת גורם על התהליך. חקר מיקרואורגניזמים – ניסוח שאלות ותכנון ניסוי.
תכנון וביצוע חקר [העלאת השערות, בידוד משתנים, זיהוי גורמים המשפיעים על התופעה, זיהוי תנאים קבועים, ביצוע ניסוי, תצפית או סקר]	בדיקת השערות לגבי ההשפעה של שינוי כמויות המרכיבים השונים על תהליך ייצור הלחם.
ניתוח ופרשנות של נתונים [הצגת ממצאים בגרפים וטבלאות, עיבוד ממצאים]	התפתחות עובש על לחם – טבלת ממצאים, ופרשנות. ניתוח נתוני סקר מחזור ואיסוף פסולת, ניתוח גרפים המציגים שיעור התמותה ממחלות שונות.
בניית הסברים או יצירת פתרונות [גיבוש מסקנה המבוססת על נתונים, בחינת תוקף המסקנה וביסוסה על הממצאים או על המידע]	תעלומה במחלקת יולדות: הסבר תוצאות מעבדה לאיתור סטרפטוקוקים. הסקת מסקנות אודות דרכי ההדבקה, תוך התבססות על נתונים.
טיעון מבוסס ראיות [בניית טענה מבוססת נתונים, זיהוי נקודות תורפה בטיעונים מדעיים בהתאם לנתונים והנמקות, זיהוי מאפיינים מרכזיים בטיעון מדעי: טענה, ממצאים ונימוקים]	בניית טיעון והנמקה בסוגיית מזון מהונדס גנטית לאור מקורות מידע שונים. באיזו מידה מיקרואורגניזמים מועילים או מזיקים? התבססות על קטעי מידע.
איתור, הערכה והצגת מידע [ייצוג מידע באמצעים שונים כמו תיאור מילולי, טבלה, גרף ותרשים, על מנת לדון במערכת הנחקרת. קריאה ביקורתית של מאמר מדעי מעובד או דיווח תקשורתי, תוך דיון במהימנות ותקפות הנתונים והמסקנות]	טבלה של השפעת אנטיביוטיקה על חיידקים שונים. דיון במאמרים שונים העוסקים במזון מהונדס גנטית, תוך התייחסות למהימנות של מקורות המידע.

ב. הנמקה אתית

בסוגיות המעלות דילמות אתיות אנו מטפחים מיומנויות הנמקה אתית כגון:

מיומנויות הנמקה אתית	דוגמאות מהספר
הגדרת ערכים (כגון אמת, הגינות, יושרה, זכויות, חובות, אחריות)	ה"קשר" בין חיסון לאוטיזם: יושרה במחקר, אחריות החולה למניעת הדבקה. על השמנה, מיקרוביום ואחריות.
בחינת יחסים בין ערכים (כגון התנגשות ערכים, הירארכיה של ערכים)	מיחזור – ערך החופש לעומת ערכי סביבה. מזון מהונדס גנטית – איכות חיים לעומת ערכי סביבה. לישמניה – האם להתיר הרג שפני סלע לטובת מניעה של הפצת המחלה?
חשיבה המתייחסת לזכויות וחובות	זכות הפרט להחליט לא להתחסן לעומת החובה למנוע התפשטות מחלות.
חשיבה תועלתנית בהתאם לתועלת ומזעור נזקים	לישמניה – טיפול באמצעות הרחקת שפני סלע לבתי גידול טבעיים. תכניות אופטימליות עם שיקולי עלות-תועלת.
הכרת סמכויות והגדרתן (כגון חוק, כללי אתיקה מקצועית, מוסר אישי מקצועי, סמכות דתית)	סמכויות בחיסון: משרד הבריאות, הורים, מערכת החינוך.

3. תפיסות אודות מהות המדע בהתבסס על נספח של (2013) NGSS

מהות המדע	דוגמאות מהספר
המדע מאופיין בשימוש בסטנדרטים אמפיריים, לוגיקה ובחינה ביקורתית	תעלומה בחדר יולדות – ניתוח ממצאים והסקת מסקנות. בחינה ביקורתית של מאמר המדווח על קשר בין חיסון ואוטיזם. ניסויים בתפיחת בצק, הסקת מסקנות.
המדע מתקדם ובהתאם לכך משתנים תיאוריות, רעיונות ואמונות. ידע מדעי עשוי להשתנות לאור ממצאים חדשים או פרשנויות חדשות.	גילוי המיקרואורגניזמים. גילוי המיקרוביום והשפעתו על הבנת תופעות כמו נטייה להשמנה.
ידע מדעי הוא תוצאה של מאמץ, דמיון ויצירתיות של פרטים, קבוצות ותרבויות רבות.	גילוי החומרים האנטיביוטיים, והתפתחות הידע אודותיהם. גילוי נגיפים. התפתחות הידע אודות מערכת החיסון.
קידום המדע והטכנולוגיה מתרחש תוך השפעה הדדית ביניהם ובין החברה. טכנולוגיות חדשות מקדמות ידע מדעי ולהיפך.	השפעת טכנולוגיות כגון מיקרוסקופ, הפקת DNA, וטכניקות מעבדה שונות על התפתחות הידע על מיקרואורגניזמים (מיקרוביום, גילוי האנטיביוטיקה).
המדע אינו מספק תשובות לכל השאלות	מזון מהונדס גנטית – קידמה או בעיה?
המדע והטכנולוגיה מעלים סוגיות אתיות, אך אינם יכולים לספק פתרונות לסוגיות אלה.	סוגיית החיסונים – בעד ונגד שימוש מושכל באנטיביוטיקה
המדע מצביע על מה שיכול לקרות במערכת טבעית, לא על מה שראוי שיקרה. ההחלטה האנושית על אופן השימוש בידע צריכה לכלול התייחסות לאתיקה וערכים. קבלת החלטות בסוגיות הקשורות למדע מתבססת הן על ידע מדעי והן על הקשרים תרבותיים וחברתיים.	מחזור אשפה מזון מהונדס גנטית הגנה מפני מחלות
מחקר מדעי מאופיין בעקרונות וערכים משותפים, כגון חשיבה לוגית, דיוק, פתיחות מחשבתית, שאיפה לאובייקטיביות, ספקנות, דיווח על ניסויים באופן שמאפשר לחזור עליהם, ודיווח הגון על ממצאים.	גילוי האנטיביוטיקה התנסות בחקר: מיקרואורגניזמים, אנטיביוטיקה, לחם, גבינות, עובש ועוד.



■ מומלץ כשיעורי בית

■ הרחבה

רצף השיעורים המוצע

מס. שיעור	תוכן	פעילות והמלצות	רעיונות מדעיים מתוך תכנית הלימודים
מבוא	1 מבוא + מעבדה 1	פעילות פתיחה קבוצתית, ומעבדה	✓ מיקרואורגניזמים הם יצורים
	2 תוצאות מעבדה + קטעי מידע + גילוי מיקרואורגניזמים	מעבדה, תשובות על פי קטעי מידע	זעירים החיוניים להתרחשותם של תהליכים רבים בטבע.
	3 גודלם של מיקרואורגניזמים + מעבדה 2 א- מיקרואורגניזמים בשיניים	מעבדה, חישובים, שאלות	
	4 ב- מיקרואורגניזמים במים [הרחבה- חקר] + מיון מיקרואורגניזמים	מעבדה + שאלות	
מיקרוביום	5 מיקרוביום מבוא [הרחבה- גילוי המיקרוביום]	קטעי מידע, עבודה	
	6 מעבדה 3	מעבדה	
	7 תוצאות מעבדה + התפתחות המיקרוביום בגוף האדם [כולל חקר]	עבודה קבוצתית	
	8 הצגת ממצאי החקר + על השמנה מיקרוביום ואחריות	הצגת תוצאות לכיתה, עבודה אישית או קבוצתית	
חיידקים	9 איסוף שאלות חיידקים, דיון כיתתי, מעבדה 4 הסתכלות בחיידקים	מעבדה, איסוף שאלות עניין, דיון	
	10 מעבדה 5- תאים אאוקריוטים והשוואה לחיידקים	מעבדה + שאלות	✓ התא מהווה יחידת מבנה ותפקוד בסיסית של יצורים החיים.
	11 רביית חיידקים, וחיידקים בייצור שוקולד	שאלות, קריאת גרף. מומלץ להביא שוקולד לכיתה.	✓ מוצאו של כל תא מתא קודם. ✓ חיידקים מתרבים על ידי חלוקת התא. ✓ מיקרואורגניזמים יכולים לפעול בצורה מיטבית בטווח של תנאים חיצוניים. מחוץ לטווח זה חלה ירידה בתפקודם שעלולה להסתיים במותם.
	12 גידול חיידקים- טבלה, מבוא למחלות- גרף	קריאת גרף, הסקת מסקנות	✓ מחלה היא מצב של פעילות לא תקינה של מערכות בגוף שעלול להיגרם מסיבות שונות.
	13 הזמנה לחקר-	חקר כיתתי,	

		תעלומה במחלקת יולדות	מומלץ להשתמש במצגת התמונות	✓ חיידיקים ונגיפים גורמי מחלות מסוגלים להתרבות בגוף האדם ולפגוע בתאי הגוף.
אנטיביוטיקה	14	אנטיביוטיקה: שאלון, גילוי, עלון לצרכן-מבוא	שאלון כיתתי, דיון כיתתי	✓ ניתן למנוע מחלות הנגרמות על ידי מיקרואורגניזמים ולטפל במחלות בדרכים שונות.
	15	מרכיבים פעילים באנטיביוטיקה- דרמה	דרמה ורפלקציה	✓ לאורח החיים של הפרט ולהתפתחות המדע והטכנולוגיה יש השפעה על הבריאות
	16	חומרים בלתי פעילים ותופעות לוואי	שעורי בית ודיון בכיתה	
	17	מינון ועמידות לאנטיביוטיקה + מעבדה	סימולציה, מעבדה ודיון	
	18	תוצאות מעבדה+ סיכום אנטיביוטיקה+ סיכום הפרק	עבודות קבוצתיות: מעבדה, מיפוי מושגים, שאלות עניין	
נגיפים	19	נגיפים: איסוף שאלות ומבוא	שאלות, פעילויות קבוצתיות ואישיות	✓ הנגיף הוא טפיל ויכולת התרבותו תלויה בתא המאחסן.
	20	גודלם של נגיפים, מבנה נגיפים והשוואה לחיידיקים	עבודות אישיות או קבוצתיות	✓ ניתן למנוע מחלות הנגרמות על ידי מיקרואורגניזמים ולטפל במחלות בדרכים שונות.
	21	שפעת: סקר, תסמינים דרמה 1	ניתן לחלק את הכיתה לשתי קבוצות: דרמה 1, דרמה 2.	
	22	דרמה 2 + שפעת ספרדית	עבודה קבוצתית	
	23	עוד מחלות נגיפיות	שאלות עניין	
	24	דיון כיתתי בתוצרי הקבוצות + סיכום		
אוקריוטים	25	מבוא למיקרואורגניזמים אוקריוטים + מעבדה סנדלית	מעבדה	
	26	מעבדה שמרים+ מחוללי מחלות	מעבדה ועבודה קבוצתית, מומלץ להתייחס לנשימה ותסיסה, כהכנה לפרק 6- לחם, יין ועובש.	
	27	הקשר בין מחלה, הרחבת ישובים וחיות בר	חקר קבוצתי וכיתתי	
	28	דיון כיתתי מסכם, ומיון אורגניזמים בפרק	דיון כיתתי ועבודה אישית או בזוגות	
חיסון	29	חיסון: איסוף שאלות, מבוא ודרכי מניעת חדירת גורמים זרים	שאלות עניין, עבודה אישית או זוגית	✓ אורח חיים בריא הוא מכלול התנהגויות מקדמות בריאות שהאדם יכול לשלוט בהן והן
	30	דלקת, פעילות נוגדנים, זיכרון חיסוני	עבודה אישית/זוגית, סימולציה כיתתית, שעורי בית	
	31	אבעבועות שחורות ופיתוח חיסון	מומלץ כדיון כיתתי (בליווי מצגת של	

מאפשרות לו להגיע לאיכות חיים מיטבית במסגרת יכולתו ותנאיו	התמונות), ועבודה בזוגות או קבוצות.			
	עבודה אישית או זוגית, ודיונים כיתתיים	חיסון פעיל וחיסון סביל	32	
	שאלון- בקבוצות, דילמה- בקבוצות	על חיסונים ועל מתנגדים	33	
	עבודה קבוצתית ודיון כיתתי	ניסוח טיעונים ודיון כיתתי	34	
	סרט, עבודה זוגית ודיון כיתתי	סרט התפרצות ומפת מושגים [הרחבה: חיסון מטיילים]	35	
✓ האדם משתמש במיקרואורגניזמים ברפואה, בתעשייה, ובחקלאות בדגש על פיתוח בר-קיימא.	עבודה קבוצתית, מעבדה מומלץ לבקר במפעל ביוטכנולוגי/ יקב/ מאפיה/ כרם יין/ דיר וכדומה	מבוא לביוטכנולוגיה, לחם	36	ביוטכנולוגיה
	לחם-עבודה כיתתית, יין- עבודה זוגית וכיתתית, מומלץ ליצור מצגת מהתמונות לדיון מסכם	סיכום לחם, יין	37	
	מעבדה קבוצתית	גבינות	38	
	עבודת המשך, עבודה בזוגות ובקבוצות, ודיון כיתתי מומלץ לסכם בארוחת גבינות ולחם	גבינות	39	
	חקר בזוגות ודיון כיתתי	הרחבה: עובש במזון	40	
✓ מיקרואורגניזמים מתרבים במזון ועלולים לגרום לקלקולו.	סימולציה ודיון	מיקרואורגניזמים וסביבה: אשפה	41	
	דיון כיתתי, הצעה למעבדת חקר, דילמה אתית	קומפוסט וביוגז	42	
	איסוף שאלות, מעבדה המלצה לקרוא מאמרים ולכתוב טיעונים כהכנה לשיעור הבא	הנדסה גנטית מבוא: שאלות, מעבדה- הפקת DNA אנושי וצמחי	43	
	עבודה קבוצתית ודיון כיתתי	דילמת מזון מהונדס גנטית	44	
		סיכום ביוטכנולוגיה	45	

הערות לפרקי הספר

מבוא למיקרואורגניזמים

פרק זה חושף בפני התלמיד את המיקרואורגניזמים. בחלקו הראשון מבררים האם מיקרואורגניזמים גורמים רק נזק. טיפול בתפיסה זו מתרחש תוך יצירת מודעות למגוון הרחב של המיקרואורגניזמים, הפרק משלב מעבדות של גידול מיקרואורגניזמים, והסתכלות מיקרוסקופית.



טיפול בתפיסה השגויה לפיה חיידקים וגופים גורמים רק נזק.

א. חשיפת עמדות

ב. דיון קבוצתי בעמדות, חידוד, והצגה באופן חזותי.

ג. דיון בקטעי מידע המעשרים את נקודות המבט.

ד. גיבוש עמדה מורכבת יותר.

הרחבה למקור 1: יש חשיבות לשמירה על היגיינה כגון רחיצת ידיים, אך מנגד קיימת תיאוריה הנקראת "תיאוריית ההיגיינה" על פיה היגיינה יתר, הנפוצה בשנים האחרונות, עלולה לגרום לאלרגיות.

ראו למשל: [אביקם, הראל \(2015\) החיידקים שחיים על עורנו, מגנים מפני מחלות ונפגעים מהיגיינה יתר, הארץ 12.02.2015](#)

[בן ארי, מ. \(2010\) הדרך הנכונה לשמירה על הגיינה הילדים NRG](#)

מעבדה 1: היכן נמצאים מיקרואורגניזמים?

כמעבדה ראשונה בגידול מיקרואורגניזמים יש לפתח מיומנויות של עבודה סטרילית, ועמידה בכללי בטיחות.

זריעת החיידקים נעשית ללא אש גלויה משיקולי בטיחות. עם זאת, הקפדה על משטח עבודה נקי, עבודה זריזה ופתיחה מינימלית של צלחות הגידול, ללא הסרה מלאה של המכסה, תאפשר קבלת תוצאה עם פחות זיהומים.

לקבלת תוצאה מרשימה במיוחד ניתן להשתמש במצע של כרום אגר CHROMagar אותו ניתן לרכוש מיצרנים שונים.

יש להתאים את מקורות הדגימה וכללי הבטיחות [לחוזר מנכ"ל מעודכן](#).

מעבדה 2: מיקרואורגניזמים מבעד למיקרוסקופ

מעבדה זו מאפשרת הכרת מורפולוגיה של מיקרואורגניזמים בגוף (שיניים) ובסביבה מימית. יש להשתמש במקורות הדגימה בהתאם להנחיות הבטיחות העדכניות של משרד החינוך.

התצפיות במיקרואורגניזמים בשיניים וכן במים מאפשרות דיון בהתאמת אורגניזמים לסביבתם, אותו ניתן להרחיב במעבדת חקר.

מיקרואורגניזמים. עם הגילוי, עדיין לא הייתה יכולת לגדל אותם, ולהוכיח את הקשר בין מחלות וחיידקים, עד לפיתוח שיטות על ידי קוק, פסטר ואחרים. עם כל זאת, רק לאחר פיתוח שיטות בביולוגיה מולקולרית ניתן היה להכיר את המגוון העצום של המיקרואורגניזמים והגורמים להתפתחותו.

התלמיד נדרש גם לחשיבה יצירתית קדימה – לאן לדעתו יכול להוביל מחקר המיקרוביום?

מעבדה 3: מיקרוביום בגוף האדם

- ☒ לקבלת תוצאה מרשימה במיוחד ניתן להשתמש במצע של כרום אגר CHROMagar אותו ניתן לרכוש מיצרנים שונים. במצע זה החיידקים השונים מגיבים בתגובה ייחודית, בצבע שונה, וכך מתאפשרת אבחנה ביניהם.
- ☒ מומלץ לכוון את התלמידים לבחור באזורים שבהם תנאי הסביבה שונים. למשל אזורים בעלי לחות גבוהה יותר לעומת אזורים יבשים, אזורים בעלי רמת מליחות שונה, בעלי שטח מגע עם הסביבה וכדומה.
- ☒ יש להקפיד על הוראות הבטיחות ולא לדגום מאזורים בגוף בהם יש סבירות גבוהה יותר לחיידקים לפתוגניים. אמנם כמותם בדגימה עשויה להיות נמוכה, אך בתרביית היא נעשית עצומה. אי לכך אין לפתוח בשום אופן את צלחות הגידול בתום הניסוי, ולסלקן בהתאם להוראות הבטיחות במעבדה.

התפתחות המיקרוביום בגוף האדם

התפתחות מואצת בחקר המיקרוביום מאפשרת הבנה של הדינמיות בהרכב המיקרוביום לאורך חי האדם. פעילויות הרחבה והעמקה ניתן למצוא באתר: Genetic Science Learning Center של אוניברסיטת יוטה.

שאלה 2: מקורות מומלצים ללימוד על המיקרוביום:

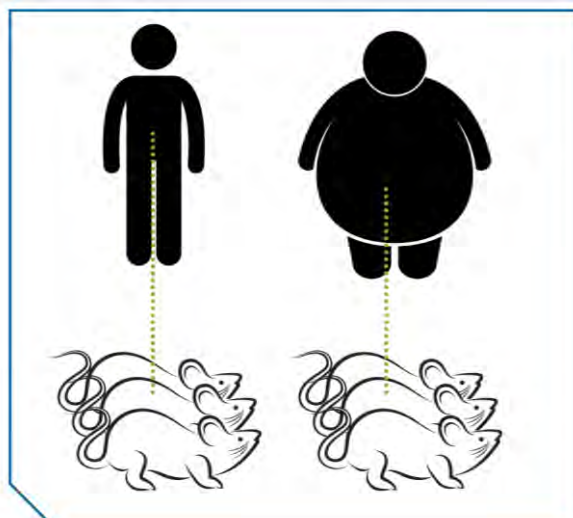
[מגוון כתבות באתר דוידסון בנושא](#)

[מבחר כתבות מאתר הידען](#)

[מיקרוביום, מיקרוביוטה, פרוביוטיקה, פרה-ביוטיקה, האגודה לבריאות הציבור; וכן חלק ב; וגם חלק ג.](#)

שאלה 3: בהתאם למידע שנאסף ניתן למצוא רעיונות יישומיים לשיפור איכות החיים. לדוגמא: התנהלות מושכלת בנטילת אנטיביוטיקה; היגיינה, שמירה על המיקרוביום בגלל חשיבותו במניעת מחלות.

על השמנה, מיקרוביום ואחריות...



שאלה 1

למתקשים מוצע לבנות בשלב ראשון טבלה, למשל באופן הבא:

שלב		קבוצת ניסוי	קבוצת בקרה
א	ניסוי	עכברים רזים שהושתלו להם חיידיקים שמקורם בעכברים שמנים בעלי נטיה להשמנה	עכברים רזים ללא השתלת חיידיקים
	תוצאה	עליה במשקל	אין עליה במשקל
ב	ניסוי	עכברים שהושתלו להם חיידיקים מתאום שמן	עכברים שהושתלו להם חיידיקים מתאום רזה
	תוצאה	משקל גבוה ב-20%	משקל נמוך ב-20%
ג	ניסוי	אנשים בעלי הרכב מיקרואורגניזמים א	אנשים בעלי הרכב מיקרואורגניזמים ב
	תוצאות	מזון זהה	מזון זהה
		ספיגת חומרים באופן X שינוי במשקל X	ספיגת חומרים באופן Y שינוי במשקל Y

שאלה 3

הזדמנות לדיון על הקשר בין התנהגות מקדמת בריאות לבין הציפיה שטיפולים רפואיים (כמו תרופות) יחליפו אורח חיים בריא.

פרק 2: חיידיקים

פרק זה פותח צוהר להכרת עולם החיידיקים. התלמיד לומד על החיידיקים מתוך הקשר לחיי יומיום. התרבות החיידיקים נלמדת דרך הכרה של תהליך ייצור השוקולד, והקשר בין חיידיקים למחלות נלמד באמצעות הדוגמא של דלקת גרון. כמו כן התלמיד נחשף לתהליכים שעוברת דגימת חיידיקים לאחר שהיא נלקחת מהנבדק במרפאה. בפרק זה התלמיד לומד על אנטיביוטיקה דרך היבטים שמגבירים צריכה מושכלת.

שאלות: הפרק נפתח באיסוף שאלות מתלמידים. פתיחה זו מאפשרת מעורבות של התלמיד בקביעת תכני הלימוד. האיסוף יכול להתבצע תוך חלוקת פתקים שניתן להדביק על משטח כלשהו, וכך למיין אותם, או לאסוף אותן בקובץ שיתופי, או למשל ב-Padlet. ניתן לחלק עם הכיתה את השאלות לנושאים (מחלות, תרופות, יישומים ביוטכנולוגיים ועוד), ובהתאם לתת סקירה קצרה על נושאי הלימוד בפרק. מומלץ ליצור תוכנית עבודה בהוראת הפרק, לפיה תהיה התייחסות לכמה שיותר שאלות. למשל שאלות העוסקות במחלות ניתן לשלב עם סיום היחידה העוסקת בסטרפטוקוקים.

המורה אינו חייב לתת מענה מלא לשאלות, אלא לספק כלים באמצעותם התלמידים יוכלו לתת תשובה, או לפתח כיווני מחשבה אודות השאלה.

מעבדה 4: צביעת חיידיקים

במעבדה זו התלמיד רואה חיידיקים, מבין את משמעות הגודל שלהם, ומכיר את צורותיהם השונות.

הרחבה: במקום לבצע צביעה פשוטה ניתן לבצע צביעת גראם, כפי שהיא מתבצעת במעבדות קליניות:

חיידקים מהסוגים הבאים (ניתן להכין צלחת גידול אחת מכל סוג, כל זוג ישתמש במושבה אחת): סטפילוקוקוס אלבוס, אשריכיה קולי, בצילוס סובטיליס

צבעים: גניצאן ויולט, פוקסין בסיסי, תמיסת יוד (לוגול).

חומרים נוספים: אתנול, מים.

ציוד נוסף (לזוג): זכוכית נושאת, עט סימון בלתי מחיק, כוס כימית בנפח 250 סמ"ק, 2 פיפטות פסטר, מחט בקטרילוגית, גזיה, אטב עץ, מיקרוסקופ. מיכל לאיסוף חומר ביולוגי. כפפות חד פעמיות לכל תלמיד.

יש להעמיד רק גזייה אחת בעמדה המיועדת לכל הכיתה, בהשגחה צמודה של מורה. לפני תחילת העבודה יש להסביר לתלמיד כיצד לשמור על מרחק מתאים בין אצבעותיו לבין הלהבה כדי שהכפפות שעל ידיו לא יתלקחו.

מהלך העבודה

העבודה תיעשה בתנאים סטריליים. יש להשתמש בכפפות חד פעמיות. את החיידקים והמחטים הבקטרילוגיות יש לחטא, או לזרוק לפח המיועד לפינוי חומר ביולוגי.

כדי לקבל תמונה טובה עליכם להקפיד לדייק בהוראות הצביעה (כמויות צבע, זמנים, שטיפות טובות).

1. באמצעות פיפטת פסטר, טפטפו אתנול על הזכוכית הנושאת, לתוך הכוס הכימית, רחצו וייבשו היטב.

2. כתבו בעט סימון את שם החיידק אותו קיבלתם (בראשי תיבות EC, SA או BS), וסמנו עיגול (בקוטר של 1 ס"מ) בצד התחתון של הזכוכית הנושאת, שבמרכזו תבצעו את צביעת החיידקים.

על מנת שהסימון לא יימחק, הפכו את הזכוכית להכנת תתקין החיידקים.

3. טפטפו טיפה קטנה של מים במרכז העיגול על פני הזכוכית הנושאת.

במחט בקטרילוגית קחו מושבת חיידקים קטנה מתוך צלחת פטרי, ופזרו את תכולתה בתוך טיפת המים, על פני כל שטח העיגול שסימנתם.

מחט הבקטרילוגית רב פעמית יש לחטא באש. אם המחט חד פעמית יש להניחה בפח המיועד לפינוי חומרים ביולוגיים.

4. קבעו את הדגימה: החזיקו את הזכוכית הנושאת בקצה באמצעות אטב עץ. העבירו את הזכוכית הנושאת בעדינות מעל להבה פעמיים (שימו לב לא לשרוף).

5. הניחו את הזכוכית הנושאת על שפת הכוס הכימית, טפטפו גניצאן ויולט, באופן שיכסה את העיגול המסומן, והמתינו למשך דקה אחת.

6. שטפו בעדינות במים מזוקקים באמצעות פיפטת פסטר. את כל השטיפות יש לבצע לתוך הכוס הכימית שלפניכם, כאשר הזכוכית מוטית כלפי מטה בתוך הכוס, עד שהמים היוצאים מתחתית הזכוכית יהיו שקופים ללא סימני צבע.

7. טפטפו טיפה של לוגול שתכסה את כל העיגול, והמתינו למשך דקה אחת.

8. שטפו בעדינות באתנול להרחקת הצבע החופשי.

⁴ ניתן לקבל חיידקים וחומרים אלו מהמרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי הספר, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר אילן

9. שטפו בעדינות במים מזוקקים.

10. טפטפו טיפת פוקסין בסיסי שתכסה את כל העיגול, והמתינו למשך 30 שניות.

11. שטפו במים מזוקקים ויבשו באוויר.

לאחר שהתקינים יבשים לחלוטין תוכלו להעבירם למיקרוסקופ.

ראשית הסתכלו בהגדלה קטנה, לזיהוי ומיקוד אזור הצביעה, עברו ומקדו את ההגדלה הבינונית ולבסוף את ההגדלה הגדולה.

כאשר הצלחתם לראות חיידקים באופן ממוקד בהגדלה הגדולה, צלמו מבעד למיקרוסקופ את החיידקים, תארו וציירו את הממצאים.

הסתכלו בסוגי החיידקים הנוספים שצבעו חבריכם לכיתה (בסך הכל שלושה סוגים).

במידה ויש במעבדת בית הספר עדשת מיקרוסקופ להגדלה X1000 תוכלו להסתכל בחיידקים באמצעות שמן אימריסיה. זכרו: אסור להחזיר את העדשה להגדלה קטנה יותר כל עוד יש שמן אימריסיה. נקו את השמן מהעדשה ומהתקין באמצעות נייר עדשות.

1. סכמו את תוצאותיכם בצילום, ציור ותיאור מילולי של שלושת מיני החיידקים.
2. השוו את שלושת סוגי החיידקים – האם שלושתם נצבעו באותו הצבע? האם שלושתם בעלי אותה צורה?
3. הצבעים בהם השתמשתם נקשרים לחומרים במעטפת החיידק. לפי צבעי החיידקים שראיתם, מיהו לדעתכם החיידק בעל המעטפת השונה?
4. ניתן לחלק את החיידקים על פי צביעה זו לשתי קבוצות. החיידקים שנצבעים בסגול נקראים גראם חיוביים והאדומים – גראם שליליים. לאיזו קבוצה משתייך כל חיידק בניסוי שלכם? נמקו.

5. בצביעה זו נהוג להשתמש גם במעבדות רפואיות העוסקות בזיהוי חיידקים. על פי מה שראיתם במעבדה, איזה מידע ניתן לדעתכם לקבל מצביעת גראם?

6. איזה מידע אודות חיידקים לא ניתן לקבל בצביעת גראם במיקרוסקופ האור?

תוכלו להעמיק בשיטת הצביעה בקישור: [ביוטכנולוגיה בפעולה, מיקרואורגניזמים, אורט, משרד החינוך](#)

מעבדה 5: תאי החיידקים ותאים אחרים

מטרת המעבדה היא לתת לתלמיד תחושה של סדרי גודל של תאים. לאחר הסתכלות בחיידקים התלמיד יצפה בתא אנושי ובתא צמחי.

במידה והתלמידים שולטים בעבודה במיקרוסקופ מומלץ לתת להם משימת מדידה של התאים.

הרחבה: אומדן גודל התאים

לשם קביעת גודלו הממשי של התא, עליכם לקבוע את קוטר שדה הראיה במיקרוסקופ, ובעזרת נתון זה לאמוד את גודל התאים.

1. הניחו על זכוכית נושאת נייר מילימטרי (רצוי שקוף). מדדו את קוטר שדה הראיה בהגדלה קטנה ובינונית במילימטרים, וחשבו אותו במיקרונים.

2. הסתכלו בהגדלה קטנה או בינונית והעריכו את ממדי התאים בעזרת מספר המשבצות שהם תופסים על הנייר המילימטרי. בתאי פלפל ניתן לספור את התאים הנמצאים לאורך קוטר שדה

הרציה, ואילו בתאי אפיתל ניתן להעריך גודל על ידי אומדן של מספר התאים שנכנסים בקוטר שדה הראייה.

שנים	דקות	מס. חידושים
0.00	0	1
0.33	20	2
0.67	40	4
1.00	60	8
1.33	80	16
1.67	100	32
2.00	120	64
2.33	140	128
2.67	160	256
3.00	180	512
3.33	200	1024
3.67	220	2048
4.00	240	4096
4.33	260	8192
4.67	280	16384
5.00	300	32768
5.33	320	65536
5.67	340	131072

2.1 רביית חיידקים

התנסות התלמיד בחישוב כמות החיידקים לאחר יום
תספק לו אומדן אודות הקצב העצום של התרבות חיידקים.

ניתן להמחיש את קצב ההתרבות על ידי בניה משותפת של דוגמה באקסל.

מבנה הטבלה המוצעת:

העתקה של 3 הנוסחאות עד ל-24 שעות

תציג את מ.ס. החיידקים לאחר יום

4.72237E+21

הבנת הכמות ממחישה את

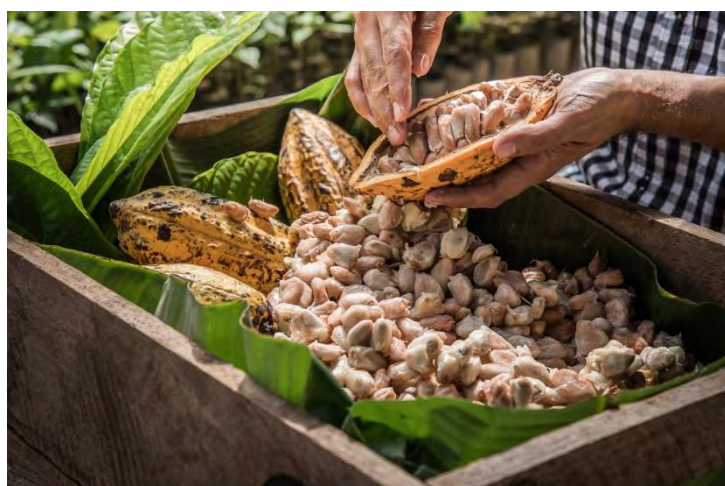
הרעיון של גורם מגביל, התמתנות

עקומת הגדילה ואף תמותה.

שאלה 3: בשאלה זו עדיין לא מצופה מהתלמיד להבין שבשלב מסוים התרבות החיידקים תוגבל על ידי גורמים שונים. על כן גרף 1 המתאר גידול מעריכי (אקספוננציאלי) יתאים. במידה והתלמיד מודע לגורמים מגבילים, הבחירה של גרף 2 ואפילו 3 יכולים להתקבל, בהתאם לנימוק.

חיידקים בייצור השוקולד

תסיסת פולי הקקאו מדגימה את התהליך של התרבות מיקרואורגניזמים. דוגמא זו נבחרה כדי לתת הקשר רלוונטי ומעניין לתלמיד, במערכת פשוטה.



שאלה 5ב. בשלב א החיידקים מוכנסים לסביבה בה נוצרת בהדרגה סביבה אנאירובית לחה, למשל עלי בננה וארגזי עץ. התהליך הוא הדרגתי ודינמי, והתנאים כמו רמת החמצן רמת הפחמן הדו-חמצני, כמות המזון והטמפרטורה משתנים עם הזמן.

שאלה 6א. שלב ההסתגלות. הטמפרטורה, הלחות וריכוז החמצן עדיין לא מיטביים. בשלב הגידול המהיר התנאים מיטביים:

פחות חמצן) התסיסה היא תהליך אנאירובי, הטמפרטורה עולה, הלחות גבוהה, שפע מזון. שלב הגידול היציב: פחות מזון, יותר חומרים (כגון חומצות) המופרשים על ידי החיידקים ומפריעים להתרבותם. שלב התמותה: הרעת תנאים כגון מחסור במזון, טמפרטורה גבוהה מדי ורמת חומציות לא מתאימה.

שאלה 7. החמצת ירקות/פירות נעצרת באופן טבעי לאחר הגעת הסביבה לרמת חומציות גבוהה שלא מאפשרת התרבות חיידקים, ולכן התהליך ייעצר בנקודה כלשהיא בשלב התמותה. לעומת זאת בייצור מתמשך של אתנול נדרשים תנאים מיטביים לאורך זמן, ולכן יש להקפיד על שיפור מתמיד של התנאים שישאיר את תרבות החיידקים בשלב הגידול המהיר (כמוסטט).

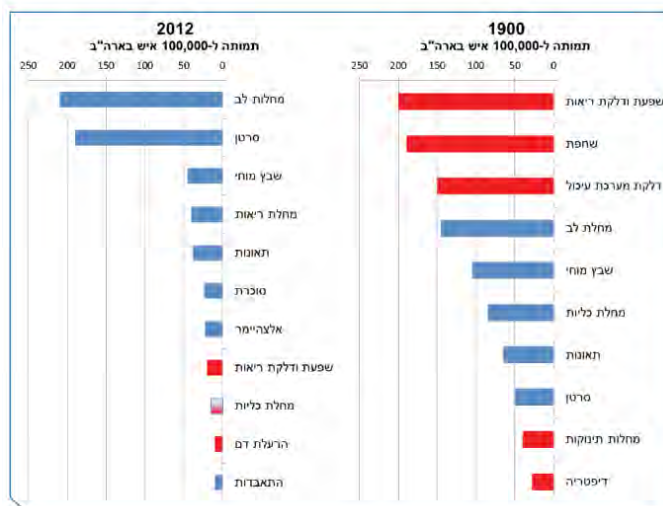
2.2 גידול חיידקים

הדגמה של מיני חיידקים שונים, המותאמים לסביבות חיים שונות ממחישה את המגוון, ובהתאם את העיקרון הביולוגי של התאמת האורגניזם לסביבתו. מטלת מילוי הטבלה מחדדת אצל התלמיד תובנה ז.

הרחבה לטבלת החיידקים: סטפילוקוקוס אראוס הוא היחיד מבין הסטפילוקוקים שמפריש את האנזים קואגולז. אנזים זה הופך את החלבון פיברין שנמצא בדם לפיברינוגן, ובכך יוצר קרישי דם. בחיידק זה נוטות להתפתח עמידויות לאנטיביוטיקות שונות, המצמצמות את יכולת הטיפול בו, ועל כן הוא מסוכן יותר.

2.3 מחלות

נתוני תחלואה המוצגים בשני גרפים מקבילים ממחישים את המהפכה בתוחלת החיים בעקבות הידע על מיקרואורגניזמים.



השאלות מחדדות את הגדרת המושג מחלה. חלק מהמחלות אכן נגרמות על ידי מיקרואורגניזמים. אלו ניתנות כיום לטיפול יעיל בדרך כלל. התמונה המתקבלת מהגרפים מדגישה את תפקידי האנטיביוטיקה והחיסונים. עם זאת, בהמשך הפרק תיבנה תפיסה מורכבת יותר, עקב התפתחות עמידות לאנטיביוטיקה, שניתן להציף אותה בדיון בשאלה ד.

שאלה ה מזמנת דיון אודות הקשר בין אורח חיים לבין מחלות.

תעלומה בחדר יולדות

פרק זה מציג בפני התלמיד דוגמה למחלה מוכרת, באמצעותה מוסבר כיצד חיידק גורם לתופעות מחלה שונות. נוסף על כך הפרק פותח צוהר להכרת המעבדה הקלינית, ומשמעות הבדיקות המעבדתיות לגילוי מחלות. הפרק משלב צילומים של בדיקות במעבדה המיקרוביולוגית בבית החולים פורייה, וכן דוגמאות לבדיקות מעבדה שנערכו לצורך המחשה על ידי גידול סטרפטוקוקים במצע גידול שונים ובצביעות מיקרוסקופיות שונות. השילוב האותנטי של הבדיקות עם הסיפור, המבוסס על מקרה אמיתי, נותנים לתלמיד הבנה של הדרך בה מתנהל אבחון קליני במציאות, וכן הבנה של הדרכים בהן חיידקים פתוגנים משפיעים על גוף האדם.

שאלה 2. חיידקים במערכת הדם (בקטרמיה). הדם הוא סטרילי. פלישה של חיידקים לזרם הדם עלולה לגרום לפגיעה חמורה. בניגוד לזיהום מקומי, זיהום במערכת הדם מאפשר התפשטות של חיידקים בגוף. במידה והמערכת החיסון תקינה היא מסוגלת להתגבר על הזיהום. אך זיהום חמור או בעיה חיסונית עלולים לגרום לאלח דם.

שאלה 3. הדגרה באינקובטור. שאלה זו מזמנת הדגשה של השפעת הטמפרטורה על תהליכים אנזימטיים, ובעקבותיו הקשר בין טמפרטורה להתרבות חיידקים, והמושג טמפרטורה מיטבית (אופטימלית).

הרחבה לגבי צביעת גראם: ניתן לאפיין שתי קבוצות חיידקים, על פי עובי הדופן החיצונית. חיידקים גראם-חיוביים הן בעלי דופן עבה, וחיידקים גראם-שליליים הם בעלי דופן דקה. ניתן לזהות את הקבוצות על ידי שיטה הנקראת צביעת גראם. בשיטה זו צובעים את החיידקים בצבע סגול ויוד, ולאחר מכן שוטפים באתנול. רק החיידקים בעלי הדופן העבה, משמע גראם-חיוביים, יישארו סגולים. בחיידקים גראם-שליליים הצבע יישטף (מכיוון שלא נקלט בדופן הדקה).

שאלות 4-8 ממחישות את המושג "גורמי אלימות" של חיידקים. מצע הדם ממחיש באופן ברור את השפעת החיידק על ההמוגלובין בדם, ובכך ממחיש את הסכנה (יש להדגיש – הנדירה) של התפשטות חיידק זה בדם. היכולת לפרק סיבי DNA המרכיבים רשת ללכידת החיידקים על ידי התאים הבלעניים, וכן יצירת קפסולות המאפשרות התחמקות החיידק מתאים אלו, ממחישים שתי אסטרטגיות פעולה של החיידקים הפאתוגנים: האחת גרימת נזק ישיר לגוף, והשנייה הפרעה לפעילות מערכת החיסון.

ניתן להרחיב על קדחת היולדות בדוגמה הבאה: תמותת יולדות הטרידה מאד גם בעבר הרחוק את הרופא ד"ר זמלווייס מבית החולים בווינה במאה התשע עשרה. הוא בחן תמותת יולדות בין שתי מחלקות בבית החולים. להלן תוצאות הבדיקה:

אחוזי תמותה		שנה
מחלקה ב	מחלקה א	
4.2	7.2	1841
7.1	16	1842
6.0	8.3	1843
2.7	8.2	1844
2.0	6.8	1845
2.3	11.4	1846

✍ בטאו את התוצאות בגרף, ותארו את הפערים בין המחלקות.

מוצע לדון בנתונים לאור המקורות הבאים:

[ארנברג, דרסלר וסלע, מדוע מתות היולדות?](#)

[צזנה \(2008\) על רפואה, מדע וקדחת הלידה – הטרגדיה של דוקטור איגנץ זמלווייס, הידען](#)

[מיטל די וורולי-טסלר \(2017\) בין קדחת הלידה לחדשנות ברפואה – הטרגדיה של דוקטור זמלווייס](#)

שאלה 14 מציגה דילמה המלווה ניהול סיכונים. מצד אחד, חשיבות איתור חיידק שעלול במקרים נדירים לגרום לסיבוכים מסכני חיים, אך ניתן לטיפול זמין ויעיל בגילוי מוקדם. מצד שני, הצורך להימנע מנטילה מיותרת של אנטיביוטיקה (כפי שיורחב בהמשך) דורש דיוק אבחון מדויק של גורם המחלה.

על הערכת טיעונים: [אורן \(2017\). מיומנויות הטיעון, הערכת טיעון](#)

חידוד הדילמה מהווה למעשה פתיח לפרק הבא - אנטיביוטיקה.

2.4 אנטיביוטיקה

שאלון מקדים ומיפוי מושגים

מטרת השאלון, שמקורו בארגון הבריאות העולמי, היא הצפה של סוגיות ופערי ידע בנושא השימוש באנטיביוטיקה. במקביל התלמידים מתבקשים להתחיל לבנות מפת מושגים, שמומלץ לפתח אותה לאורך התקדמות הלימוד בפרק.

על מיפוי מושגים ניתן לקרוא במאמר של תמי יחיאל: ['מפת מושגים' ככלי ללמידה משמעותית ולהוראה משמעותית](#), כמו כן מומלץ להשתמש באפליקציה ליצירת מפות מושגים [כרטא-הב](#) <http://kartahub.com>, המאפשרת לתלמיד ליצור מפות בקלות, ויותר מכך, מאפשרת למורה לבדוק אותן ביעילות ובמהירות בזמן אמת.



תגלית מקרית

עיסוק באירועים היסטוריים מזמן דיון על האופי המתפתח של הידע המדעי, ובכך תורם להבנייה של תפיסת התלמיד את הידע המדעי כידע שאינו סופי הנתון להתפתחות מתמדת. המקרה של פלמינג מצביע על חשיבות הסקרנות והחתיירה לאמת, וחשיבות הבחינה הביקורתית של ממצאים. כמו כן הוא מדגיש את העובדה שידע מדעי הוא תוצאה של דמיון ויצירתיות ומאמץ משותף של מדענים לאורך זמן.

חשיבות מידע על תרופות – העלון לצרכן

עלון לצרכן מכיל מידע חשוב לצרכני תרופות. מודעות לתופעות הלוואי, למינון ולאופן השימוש בתרופה יכול להגביר יעילות התרופה ואף להציל חיים. זהו הבסיס לתקנת הרוקחים הדורשת צרוף עלון לכל תרופה. עם זאת, המידע הקיים בעלון כתוב באופן שאינו נגיש לקורא מן השורה. מטרת פרק זה היא ליצור בתלמיד מודעות לחשיבות המידע המופיע בעלון לצרכן, ולתת כלים בסיסיים להבנת ההיבטים המשמעותיים של שימוש מושכל באנטיביוטיקה. הכרות בסיסית עם תוכן העלון מספקת לתלמיד כלים להבין מספר מרכיבים בעלי חשיבות, למרות חוסר הנגישות של העלון לצרכן למשתמשי התרופות.

תקנות הרוקחים התש"ס

אריזת תכשיר ועלון

20. לא ישווק אדם תכשיר אלא אם כן נתקיימו בו כל אלה:

- (1) על גבי האריזה או העטיפה סומנו, באותיות נפרדות וקריאות, פרטים אלה:
 - (א) שמו המסחרי של התכשיר בעברית ובאותיות לטיניות;
 - (ב) שמו המסחרי ושמו הגנרי של התכשיר, ובאין שם גנרי - שמו הכימי, באותיות לטיניות מודפסות או כתובות באותיות דפוס;
 - (ג) שמו ומענו של בעל הרישום של התכשיר, או שמו ומענו של בעל האישור לייבוא התכשיר, לפי הענין;
 - (ד) אם התכשיר מיובא - שם היבואן ומען עסקו בעברית;
 - (ה) פירוט של החמרים הפעילים וכמויותיהם במנה של התכשיר בשמותיהם הגנריים באותיות לטיניות, ובאין שם גנרי של חומר פלוגי - שמו הכימי;
 - (ו) תאריך ייצור, באופן שיקבע המנהל;
 - (ז) מספר האצווה;
 - (ח) תאריך תפוגה, בהתאם להוראות המנהל;
 - (ט) בתכשיר מגן בפני שמש - מקדם הגנה באופן שקבע המנהל;
 - (י) הסימונים המפורטים בעז הרוקחים (סיווג רעלים, רישומם והחזקתם), תשל"ב-1972, ובתאם להוראות הרישום של התכשיר, במקום ובאופן הבולטים לעין להנחת דעתו של המנהל;
 - (יא) כל הוראה אחרת המתייחסת לטיפול בתכשיר, אריזתו והחזקתו המצוינות בתעודת הרישום ובנספחיו;
 - (יב) (נמוקח);
- (2) על האריזה של תכשיר רפואי לשימוש בבני אדם נרשם או שצורף לה, הכל לפי הוראות המנהל, עלונים בעברית ובערבית ובהם מפורטות באותיות מודפסות וקריאות הוראות השימוש בתכשיר, פירוט החמרים הפעילים וכמויותיהם, תיאור סגולותיו והתוויות הנדרשות, ובמידה שהמנהל דרש זאת - גם החמרים הכלתי פעילים; עלון של תכשירי מזון רפואי יכלול הסבר להכנתו למאכל; העתק עלון כאמור יישלח, בדרך שהורה המנהל, לרוקחים האחראים בכל בתי המרקחת ובבתי מסחר לתרופות המשווקים את התכשיר, בעת שיווק האצווה הראשונה של התכשיר הרישום ועם הכנסת כל שינוי בעלון;
- (3) צורף גם עלון בשפה נוספת כלשהי לאריזה של תכשיר רפואי לשימוש בני אדם, יהווה תכנו תרגום מדויק לעלון בעברית של אותו תכשיר כאמור בפסקה (2).

הרכב התרופה: מרכיב פעיל

1. מרכיב פעיל - החומר הכימי שאחראי לפעילות הרפואית.

החומרים האנטיביוטיים המשמשים כתרופות, מעכבים תהליכים שונים בתאי חיידקים, מבלי לפגוע בתאי האדם. כדי שחומר יפגע בחיידק ולא באדם הנוטל אותו, נדרשת פגיעה במנגנון שקיים אצל החיידק אך לא אצל האדם.

ישנם חומרים המונעים התרבות החיידק, כגון פגיעה ביכולת של החיידק לייצר דופן במהלך חלוקת החיידק. במצב זה התרבות החיידק תיעצר. זהו מנגנון הפעולה של **פניצילין**, וחומרים אנטיביוטיים נוספים, כמו אמפיצילין ואמוקסיצילין.

קבוצת חומרים נוספת מונעת יצירת חלבונים בחיידק, ובכך מונעת פעולות חיוניות רבות. בין החומרים הללו: טטרציקלין, אריתרומיצין וכלורמפניקול. האנטיביוטיקה פוגעת בריבזום, שהוא אברון בתא המייצר את החלבון על פי המידע התורשתי. אמנם האדם מייצר חלבונים, אך הריבזום של החיידק שונה, ולכן הפגיעה ייחודית לו.

מנגנון נוסף המונע התרבות החיידק הוא פגיעה בתהליך שכפול ה-DNA, החומר התורשתי של החיידק, למשל על ידי חומרים אנטיביוטיים מקבוצת הקוונולונים.

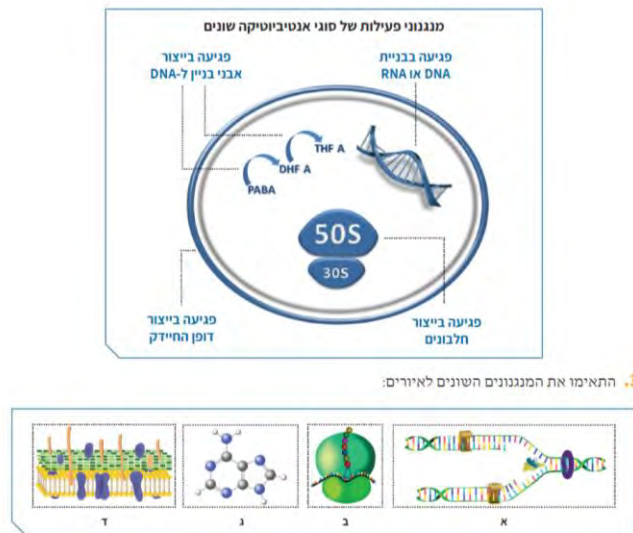
פגיעה נוספת ביכולתו של החיידק לשכפל DNA וגם ליצור RNA היא על ידי חומרים שאינם מאפשרים לחיידק ליצור את אבני הבניין ליצירת ה-DNA (באמצעות חומצה פולית). התרופה סולפה מונעת יצירת חומצה פולית. בניגוד לחיידקים, האדם אינו יודע לייצר את אבני הבניין הללו וזקוק לחומצה פולית כוויטמין, ולכן אינו נפגע מהסולפה [הסולפה היא חומר אנטיבקטריאלי, מקבוצת החומרים הראשונים שהשתמשו בהם כחומר נגד חיידקים, עוד לפני מלחמת העולם השנייה].

מטרת סעיף זה הוא להמחיש לתלמיד, על אף שלא מצופה ממנו (או מן המורה) להכיר שמות של חומרים רפואיים פעילים, ואת ההיבט המנגנוני של חומרים אנטיביוטיים. בכך עשויה להיווצר תשתית להבנה אינטואיטיבית של שאלות כגון מדוע יש הרבה סוגים של אנטיביוטיקה, ומדוע לא כל אנטיביוטיקה מתאימה לכל החיידקים. תרגיל זה גם יסייע לתלמיד להבין בהמשך מדוע אנטיביוטיקה אינה מתאימה לנגיפים.

ניתן להתמקד ברשימת תרופות מוגבלת כגון הרשימה שלהלן:

תרגיל דרמה

הנושא הנלמד דורש רקע מעמיק שלא מצופה מן התלמיד להכירו. עם זאת, תכנון סימולציות דרמטיות מאפשר הבנה אינטואיטיבית שיוצרת בסיס לדיון. על בסיס התרגיל הקודם התלמידים יכולים לתכנן מנגנון פעולה של אנטיביוטיקה.



המחשת המנגנונים:

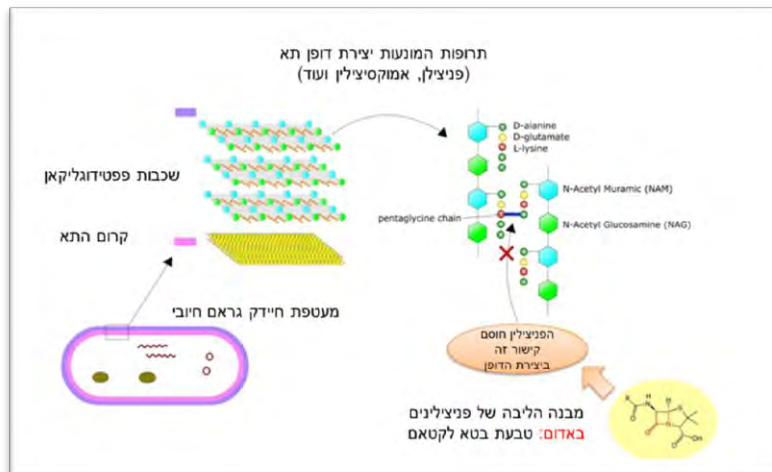
במידה ויש עניין והתאמה של התלמידים להרחבה של בסיס הידע אודות המנגנונים, מוצעים כאן מספר מקורות:

1. פגיעה ביצירת חלבונים

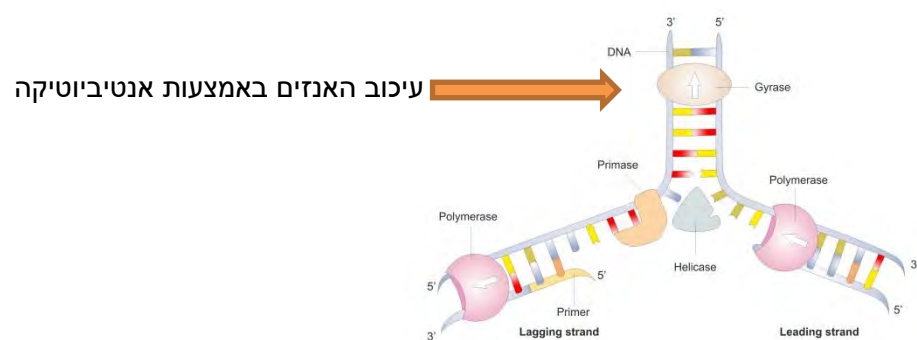
אנימציה של [הריבזום בפעולה – עדה יונת](#)

[אנימציה של אנטיביוטיקה הפועלת נגד הריבזום – עדה יונת](#)

2. **מניעה של בניית דופן:** אנטיביוטיקה ממשפחת הפניצילין מעכבת את אחד האנזימים (טרנספפטידאז) המשתתפים בבניית דופן החיידק. עיכוב זה מונע את בניית הדופן בזמן החלוקה של תא החיידק. כאשר דופן החיידק אינה יציבה התא ייהרס כאשר יימצא בסביבה בה ריכוז המומסים נמוך יותר מאשר בתא.

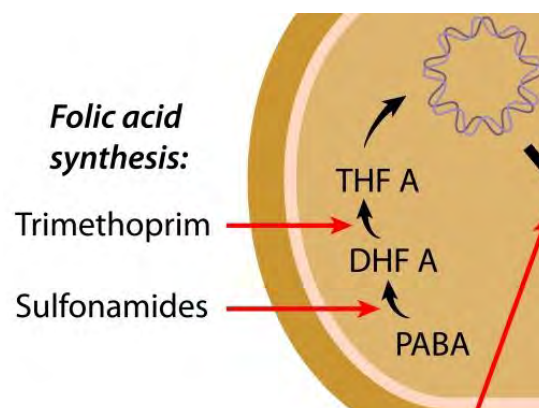


3. פגיעה בבנייה של חומצות גרעין: ה-DNA החיידקי מאורגן בצורתו המעגלית על ידי האנזים DNA gyrase. הג'יראז מעורב בשכפול של ה-DNA ובביטוי גנים. אנטיביוטיקות כמו קווינולונים מעכבות את האנזים DNA gyrase.

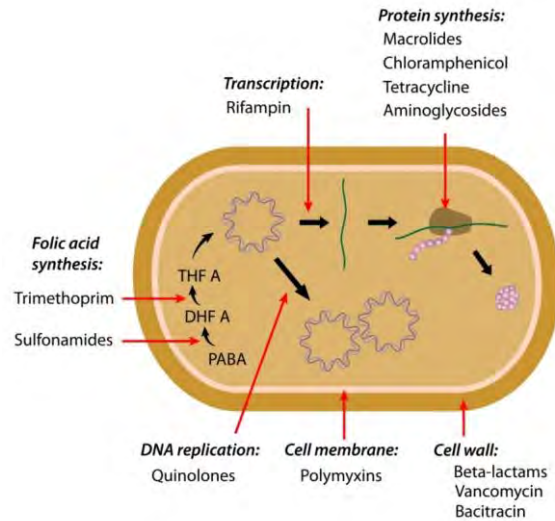


4. ייצור של נוקלאוטידים – אבני בניין ל-DNA

הסולפה מונעת ייצור של חומצה פולית, ובכך נמנע ייצור נוקלאוטידים ל-DNA



תמונה נוספת להמחשה של מנגנוני האנטיביוטיקה השונים



המחשה על ידי התלמידים

ניתן לבצע גם רעיונות המועלים על ידי תלמידים. לדוגמה: תלמידים מנסים ליצור מעגל [דופן] תוך ניסיון להחזיק ידיים [קשר כימי]. תלמידים אחרים [פניצילין] מנסים להפריע להם ליצור את החיבורים.

אפשר להיעזר באביזרים פשוטים כגון חבל, דפים, סימון באמצעות סרטים צבעוניים וכדומה.

בפתיחת השיעור מומלץ ליצור משחק דרמטי קצר כדי ליצור אווירה מכילה ובטוחה. משחק לדוגמה⁵: לבקש מהכיתה לעמוד במעגל. להעביר "קופסה" דמיונית מיד ליד לפי תור. התלמיד הראשון שמקבל את הקופסה צריך להכניס "מושג" הקשור לעניין. למשל: "אני מכניס לקופסה חיידק". התלמיד הבא בתור יקבל את הקופסה ויוסיף מושג משל עצמו: "אני מכניס לקופסה חיידק וגם אנטיביוטיקה". השלישי יוסיף עוד מושג: "אני מכניס לקופסה חיידק, אנטיביוטיקה, ו...דופן" ככל שמתקדמים האתגר הוא לזכור את כל המושגים של התלמידים הקודמים לפי הסדר.

בתכנון מומלץ להפנות את התלמידים לאיור של מנגנוני פעילות האנטיביוטיקה ולעודד אותם להמחיש אחד מהם בדרך יצירתית [ניתן להראות להם תמונות וסרטונים שממחישות את התהליכים]

התחלקו לחמש קבוצות על פי המנגנונים המסומנים באיור הקודם. על כל קבוצה להמחיש את מנגנון הפגיעה בחיידק:

שלב א'. תכנון:

- כיצד תייצגו את מרכיבי החיידק הרלוונטיים?
- כיצד תייצגו את האנטיביוטיקה?
- כיצד תייצגו את תהליך הפגיעה בחיידק?
- האם אתם זקוקים לעזרים?
- חלקו תפקידים.
- צרו תרשים זרימה המייצג את שלבי ההצגה.

שלב ב': הכנות וחזרות להצגה. תכנון של צילום ההצגה. מי יצלם ומאיזה זווית בכל שלב?

שלב ג' -- ההצגה--

שלב ד': דיון ורפלקציה לאחר צפייה בהצגה. ניתן להיעזר בווידאו שצולם בהצגה.

- האם ניתן לשפר את ההדמיה של תהליך?
- מה דומה ומה שונה בין ההצגה לבין התהליך הביולוגי?
- במה הפעילות סייעה לכם להבין כיצד פועלת אנטיביוטיקה?

שלב הרפלקציה מהווה הזדמנות לחדד את הידע של התלמיד, לאתר תפיסות שגויות ולטפל בהן.

הכרחי להשוות בין הסימולציה/המודל שהתלמידים בנו, והידע המדעי.

⁵ שיטת הוראת מדע באמצעות דרמה פותחה ע"י ד"ר רן פלג ופרופ' אילת ברעם-צברי.

מינון ועמידות לאנטיביוטיקה

ניתן להמחיש את התפתחות העמידות לאנטיביוטיקה באמצעות [סרטון](#) המתאר ניסוי במצע גידול ענק במהלך זמן ארוך יחסית של 12 יום. החיידקים נזרעו בקצוות הכלי וצרכו את המזון בסביבתם. אוכלוסיית החיידקים החלה להתפשט לאזורים חדשים המכילים מזון. אך מה יקרה לחיידקים שייתקלו באנטיביוטיקה? וכיצד יתפתחו כאשר ריכוז האנטיביוטיקה יעלה ויעלה?

על מנת להתמודד עם התפיסות השגויות בנושא יש להדגיש שהיווצרות של עמידויות שונות לחומרים אנטיביוטיים מתרחשת כל הזמן, ללא קשר לחשיפה לאנטיביוטיקה. אך בתנאים שבהם אוכלוסייה מגוונת נחשפת לאנטיביוטיקה, כל החיידקים הרגישים מתים, וכך לחיידקים העמידים יש פחות תחרות על מזון ותנאים להתרבות.

[לויטן \(2016\) חיים בסרט: כך החיידקים מפתחים עמידות לאנטיביוטיקה](#)

מעבדה 6: רגישות חיידקים לאנטיביוטיקה

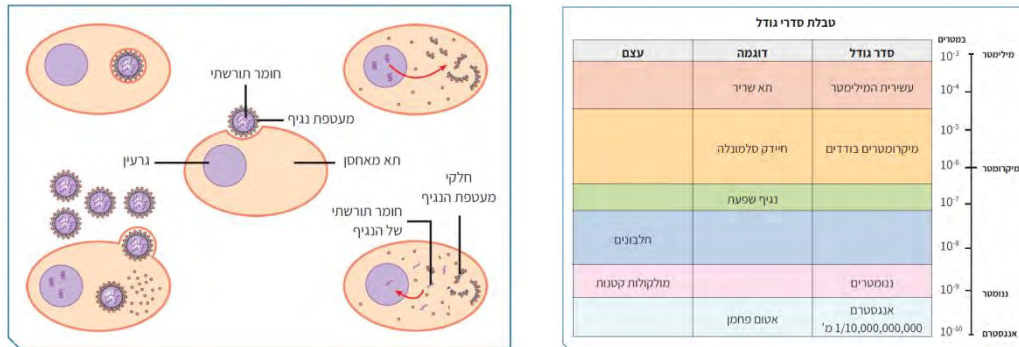
שיטת KIRBY-AUER מתבססת על הרעיון שאנטיביוטיקה הספוגה בדיסקית מתפשטת באגר באמצעות דיפוזיה, ובאופן זה קטן ריכוז האנטיביוטיקה עם התרחקות מהדיסקית. כיוון שעל גבי אגר זה נזרעו חיידקים לפני הוספת הדיסקית, הם יתרבו במידה וריכוז האנטיביוטיקה בנקודה בה החיידקים נמצאים אינו מעכב אותם. כך נוצר אזור של "הילה" שקופה המעידה כי באזור זה נמנעה התרבות החיידקים. קוטר ההילה מעיד על רמת רגישות החיידקים לחומר האנטיביוטי שבדיסקית.

מידת רגישות לאנטיביוטיקה בשיטת הדיסקיות מתייחסת לטבלאות סטנדרט, לפיהן חיידק מזן מסוים רגיש לאנטיביוטיקה מסוימת כאשר קוטר ההילה סביב הדיסקית גבוה מטווח ערכים שמצוין בטבלה. בקישור הבא ניתן לראות [דוגמה לטבלת סטנדרט](#).

פרק 3: נגיפים

מבנה נגיפים ותהליך ההדבקה

תלמידים מתקשים להבחין בין חיידקים ונגיפים. בפרק מובאים מספר תרגילים המחדדים אבחנה זו. הכרות עם סדרי הגודל, מנגנוני הרבייה ותפקודי החיידק לעומת הנגיף יוצרים בסיס ידע המאפשרים שינוי תפיסתי. שאלת הסיכום (ה), האם אנטיביוטיקה יכולה לשמש כטיפול במחלות נגיפיות, מאפשרת יישום של הידע החדש. בשאלה התלמיד נדרש להבין שמנגנוני הפעילות של האנטיביוטיקה, כפי שנלמדו בפרק הקודם, משפיעים על תהליכים שנגיף אינו מבצע (למשל בניית דופן ויצירת חלבונים, שאותן מבצע התא המאכסן ולא הנגיף עצמו), ועל כן אינם יכולים לפגוע בנגיף.



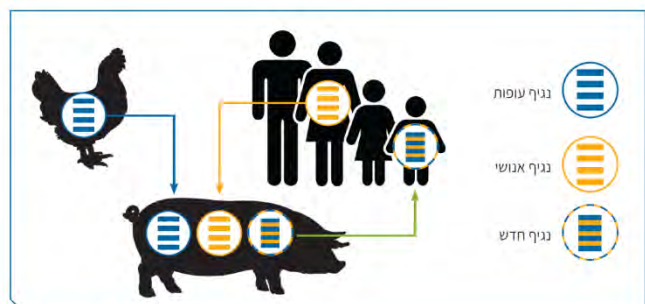
מחלת השפעת

הדוגמה שנבחרה להמחיש את פעילות הנגיפים מאפשרת דיון בתופעה מוכרת מחיי יומיום. השאלון המתבסס על סקרים שנעשו בארגון הבריאות העולמי מציף בכיתה את הדילמות והתפיסות הרלוונטיות לקבוצת הלומדים.

פעילות דרמה 1 ממחישה את התהליך המורכב של הדבקת תאים על ידי נגיף. ההתנסות הדרמטית



מאפשרת לתלמיד להתייחס לתפקידים של מרכיבים מבניים של הנגיף, הקשים להבנה בדרך אחרת. תרגיל זה מאפשר בהמשך להבין מדוע בכל שנה מתפתח זן חדש [פעילות דרמה 2], ובכך להבין את הסוגיה של החיסון השנתי לשפעת.

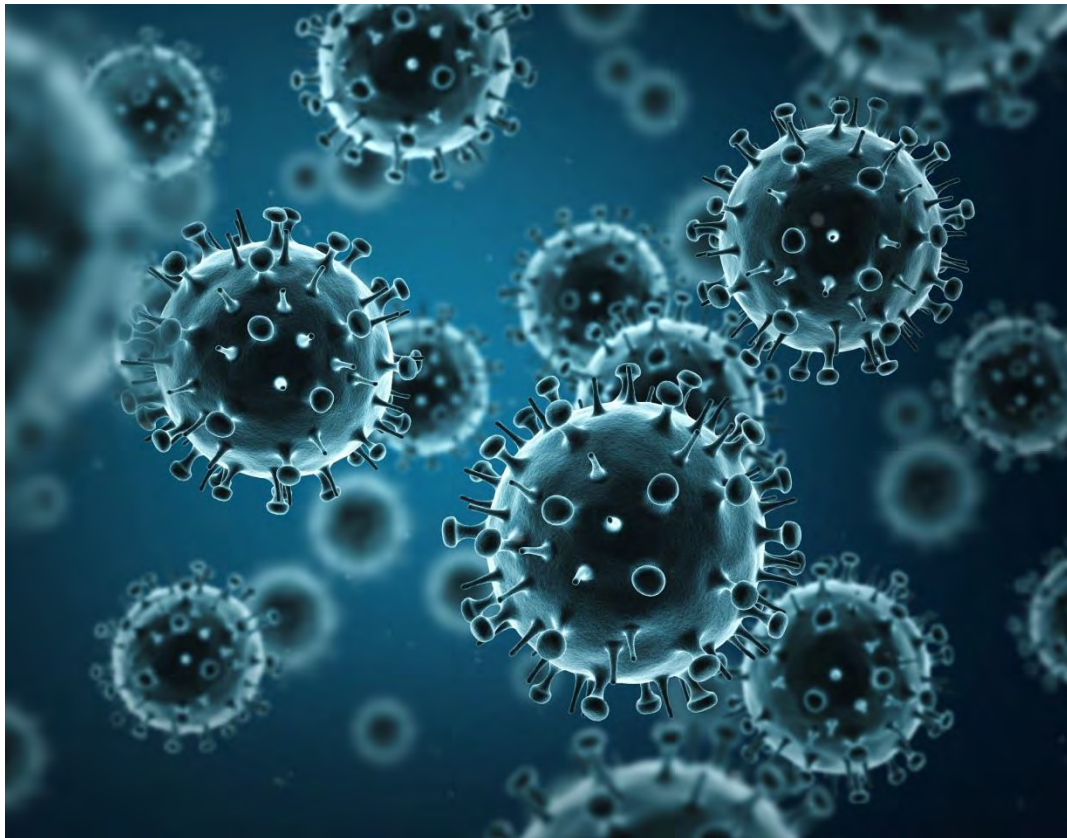


השפעת הספרדית ממחישה לתלמיד באופן חווייתי את הבסיס המדעי לחשש של מערכת הבריאות מהתפרצויות של שפעת. דוגמא זו מאפשרת דיון באחריות האישית של הפרט במניעה של התפרצות מחלות, ויוצרת תשתית לנקיטת עמדה מבוססת ידע בדילמת ההתחסנות לשפעת.

עוד מחלות נגיפיות

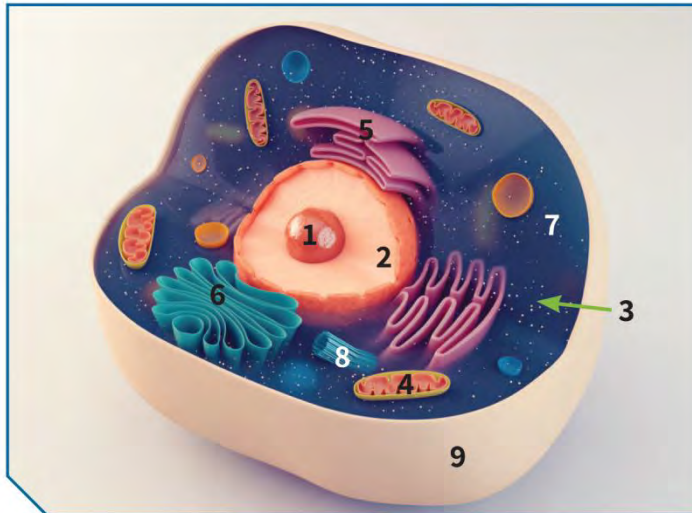
דיון במחלות לפי בחירת התלמיד מיישם את הידע שנלמד בפרק, ומרחיב אותו לתופעות נוספות. בחירה של המחלה הנלמדת נותנת הזדמנות למעורבות התלמיד בלמידה. בדיון הכיתתי משתמשים התלמידים בכלים שנרכשו במהלך הפרק על מנת לגבש עמדה מושכלת.

סיכום הפרק, על ידי עיסוק בשאלות העניין, מאפשר חזרה ורפלקציה, ומקשר את הנלמד עם תחומי העניין האישיים של התלמיד.



פרק 4: מיקרואורגניזמים אוקריוטים

תרגיל זיהוי אברונים אינו בוחן ידע, אלא מאפשר קישור לידע קודם שלהתלמיד. מומלץ ליצור אווירה פתוחה ומקבלת, בה התלמיד מוזמן להיזכר באברוני התא. ניתן ליצור משחק של תחרות בין קבוצות. לא מצופה מהתלמיד להכיר את כל האברונים. כדאי שיכיר את הגרעין, הציטופלסמה, קרום התא, ורצוי גם את המיטוכונדריה והריבוזומים.



תשובות: 1 – גרעין, 2 – גרעין, 3 – התא, 4 – הנקודה הכחולה (ריבוזום) עליו נוצרים חלבונים, 5 – רשתית תוך-מיטוכונדריה, 6 – מערכת גולג'י (מבצעת עיבוד ואריזה של חלבונים), 7 – ציטופלסמה, 8 – צנטריול (יוצר את הכישור בחלוקת התא), 9 – קרום התא.

קבוצה	מבנה תאי	דוגמאות
פרוטוזואה - בעלי חיים חד תאיים	חד תאיים	אמבה
אצות	חד תאיים או רב תאיים	כלורלה
פטריית	חד תאיים או רב תאיים	עובש

הטבלה מציגה מגוון מיקרואורגניזמים אוקריוטים. מתוך המגוון ניתן לראות שהמשותף להם הוא גודלם המזערי, והיותם מורכבים מתאים בעלי אברונים.

ניתן להביא אורגניזמים מכל קבוצה לכיתה.

מעבדה 7: מיקרואורגניזמים אוקריוטים

א. צפייה בסנדליות

מעבדה זו ניתנת לביצוע גם ללא מתיל צלולוז המאט את תנועת הסנדליות, וכן ללא קונגו אדום. שימוש בזכוכית נושאת ללא שקע אפשרי, אך תנועת הסנדליות תיפגע.

דרך נוספת לביצוע המעבדה: הכנת מתיל צלולוז 10%. ניתן להכין יום לפני ביצוע המעבדה, ולשמור במקרר בכלי רחב מכוסה.

ניתן להשתמש בזכוכית נושאת ללא שקע.

- ✓ טבול קיסם בתמיסת מתיל צלולוז ומרח שטח של עיגול בקוטר 1 ס"מ על גבי זכוכית נושאת, כך שתיווצר שכבה דקה.
- ✓ טפטף טיפה אחת של תרבית סנדליות על העיגול.
- ✓ טבול קיסם נקי בתערובת השמרים הצבועים, והעבר למרכז הטיפה שעל הזכוכית הנושאת.
- ✓ כסה בזכוכית מכסה.

ב. שמרים

הכנת השמרים

- ✓ המס 10 גר' גלוקוז ב-50 מ"ל מים מזוקקים, והשלם את הנפח ל-100 מ"ל על ידי הוספת מים מזוקקים.
- ✓ הוסף 10 גר' שמרים וערבב.
- ✓ ניתן להשהות את התמיסה שעתיים לפני הניסוי ב-37°C, או למשך הלילה ב-25°C.

ניתן לצפות בהנצה בשמרים במידה והשמרים נמצאים בתנאים מיטביים המאפשרים התרבות.

הסתכלות במיקרוסקופ מאפשרת השוואה בין רביית שמרים המתבצעת באמצעות הנצה, לעומת רביית חיידקים. האברונים שניתן לראות בדרך כלל הם דופן, קרום, גרעין, ופעמים רבות גם חלולית (וקואולה).

מה הקשר בין מחלה, הרחבת ישובים, וחיות בר?

באזורים נרחבים יותר ויותר בשנים האחרונות נוצרים תנאים המעודדים התפשטות של מחלת הלישמניה. בהתאם לכך, השיח הציבורי בתקשורת ובמקומות נוספים עוסק בשאלות כגון: האם נכון להתיר הרג שפני סלע בישובים, למרות שזו חיה מוגנת? אילו סמכויות אחיפה יש להפעיל ברשויות מקומיות על מנת להפחית את התפשטות המחלה?

בפרק זה התלמידים מפענחים את התופעה והגורמים לה באמצעות הבניית ידע שיתופי. שלבי העבודה מאפשרים לכל תלמיד לתרום את תרומתו הייחודית לדיון, בד בבד עם קבלת סיוע מחבריו.

הגורמים הנידונים בדיון המסכם

רשימת גורמים	זיהוי	דוגמאות לפעילות מניעה	שיקולים בקביעת יעילות
גורם המחלה	טפיל הלישמניה	הפחתת אוכלוסיית המאכסן (שפני סלע)	יעילות הטיפול התרופתי, משך הטיפול
אוכלוסיית המעביר	זבוב החול	רשתות מיוחדות תכשירים דוחי יתושים ביגוד מלא	האם מונע לחלוטין?
אוכלוסיית המאגר	שפני הסלע	פינוי או כיסוי מסלעות גידור הפחתת מזון [מניעת גישה לאשפה, התאמת הגידולים בגינות]	מהן אפשרויות האכיפה? עד כמה משפיעים הסברה וחינוך?
בית הגידול	אזור סלעי	יצירת כללים לבינוי שאינו מעודד היווצרות בתי גידול לשפני סלע	שיקולים כלכליים



לישמניאזיס עורי (leishmaniasis)

העקיצה ודרכי הטיפול:

העקיצה מורגשת כדקירה, ובדומה לעקיצות יתושים גורמת לתחושת גירוד העוברת לאחר מספר שעות או ימים. במקרה של הדבקה בטפילי ליישמניה, נגע מתחיל להתפתח במקום העקיצה לאחר תקופת דגירה של שבועות עד חודשים. **כאשר מופיע נגע שאינו נרפא תוך 10 ימים, מומלץ לפנות לרופא.** נוכחות טפילים נקבעת בדגימה מהפצע. אופן הטיפול נקבע בהתאם לסוג הטפיל ולאזור העקיצה. טיפול מתאים הניתן בזמן עשוי לזרז את ההחלמה. לא קיים חיסון למחלה. אדם שנדבק מחוסן רק מפני סוג הטפיל המסוים שהועבר אליו. המחלה אינה מדבקת מאדם לחברו.

התגוננות אישית מפני עקיצות זבובי חול:

- באזורים הידועים כנגועים הימנעות משהייה בחוץ ושינה בשטח בשעות הערב והלילה בעונות החמות.
- לבישת ביגוד ארוך וקל בעת שהייה מחוץ לבית בשעות החשיכה.
- שימוש בתכשירים דוחי יתושים על גבי אזורי גוף חשופים, חשוב במיוחד להגן על אזור הפנים והצוואר.
- שמירה על פתחי הבית סגורים.
- שימוש במאווררים ובמזגנים.
- התקנת רשתות נגד יתושים בעלות צפיפות חורים גבוהה.
- שימוש במכשירים לדחייה או קטילה של יתושים.

יש להשתמש אך ורק בתכשירים בעלי תעודת רישום ולהקפיד על יישום בהתאם להוראות התווית.

הרשויות המקומיות מבצעות כיום פעולות סביבתיות ניסיוניות כנגד חיות המאגר זבובי החול. חרף המאמצים, לא נמצא עדיין פתרון שורש למניעת המפגעים ולהפחתת התחלואה. על כן, חשוב במיוחד לקחת אחריות אישית ולנקוט בדרכי התגוננות אישית כמפורט לעיל.

מחלת הלישמניאזיס העורי המוכרת גם בשמות "שושנת יריחו" ו"חבורת יריחו", נגרמת ע"י טפילי ליישמניה. הטפילים החד תאיים מתפתחים בתאי מערכת החיסון וגורמים לנגעים הנמשכים בין שבועות לחודשים, ובמקרים רבים מותירים צלקות בסוף תהליך הריפוי. הטפילים מקיימים מחזור חיים מורכב בין יונקים המהווים חיות מאגר לבין זבובי החול, ומועברים לאדם על ידי נקבת זבוב החול במהלך מציצת דם. בארץ ידועים שני מינים של טפילי ליישמניה הגורמים ללישמניאזיס עורי: **לישמניה טרופיקה ולישמניה מייג'ור.** שפן הסלעים נחשב למאכסן העיקרי של ליישמניה טרופיקה. המאכסנים של ליישמניה מייג'ור הם מכרסמים: פסמונים, מריונים, גרבילים, וייתכן גם נברנים. העברה מקומית של המחלה בארץ ידועה באזורים גב ההר ביהודה ובשומרון, מדבר יהודה, סביבת טבריה, בקעת כנרת, מרכז הגליל, בקעת הירדן, מערב ומזרח הנגב, הערבה, בקעת בית שאן.

בשנים האחרונות ניכרת עלייה בהיקף מפגעי הלישמניה בישראל שהתפשטו ליישובים חדשים. שינויים במערכות אקולוגיות כתוצאה מפיתוח, שינויים דמוגרפיים ושינויים בשימושי הקרקע גרמו ליצירת תנאי מחייה מטיבים ביחס לתנאי הסובב בבית הגידול הטבעי, וליצירת בתי גידול מלאכותיים רבים לזבובי חול ולחיות המאגר לטפיל הלישמניה. הרחבת יישובים קיימים והקמת יישובים חדשים מביאים להקטנת המרחקים בין היישובים, ומאצים ככל הנראה את קצב התפשטות המפגעים למקומות חדשים בארץ.

בשנים האחרונות ניכרת עלייה בהיקף מפגעי הלישמניה בישראל שהתפשטו ליישובים חדשים. שינויים במערכות אקולוגיות כתוצאה מפיתוח, שינויים דמוגרפיים ושינויים בשימושי הקרקע גרמו ליצירת תנאי מחייה מטיבים ביחס לתנאי הסובב בבית הגידול הטבעי, וליצירת בתי גידול מלאכותיים רבים לזבובי חול ולחיות המאגר לטפיל הלישמניה. הרחבת יישובים קיימים והקמת יישובים חדשים מביאים להקטנת המרחקים בין היישובים, ומאצים ככל הנראה את קצב התפשטות המפגעים למקומות חדשים בארץ.

מיהו זבוב החול? חרק קטנטן קרוב ליתושים בגודל 1.5-4 מ"מ. מאפייניו העיקריים: צבע בהיר, רגלים ארוכות, גוף מכוסה בשערות, במנוחה כנפיו מורמות בצורת האות V (בשונה מיתוש). מעופף ללא זמזום, פעיל בשעות הערב והלילה

בחודשים החמים, אפריל-נובמבר. בדומה ליתושים נקבת זבוב החול זקוקה לארוחת דם להשגת חלבון להתפתחות הביצים. בשונה מהיתושים הדרגות הצעירות מתפתחות בסדקים ובנקיקים בעומק הקרקע ומקום התפתחותם אינו ניתן לאיתור.

לישמניאזיס עורי עלון הסברה ⁶.

⁶ נדלה **מהאתר המשרד להגנת הסביבה** 27.2.19 מתן הזכות לשימוש בחומרים, אינה מתן חסות של המשרד לפרסום בכללותו או לגוף המפרסם

פעילות סיכום

אורגניזם	ממלכה\ מחלקה	תכונות
אמבה	פרוטוזואה	גודל
כלורלה	אצות	תנועה
עובש	פטריות	אברונים מיוחדים
סנדלית	פרוטוזואה	היכן חי?
שמרים	פטריות	האם מבצע פוטוסינתזה?
לישמניה	פרוטוזואה	האם טפיל?
זבוב החול	בעל חיים – חרק	האם רב תאי?
שפן סלע	בעל חיים – יונק	



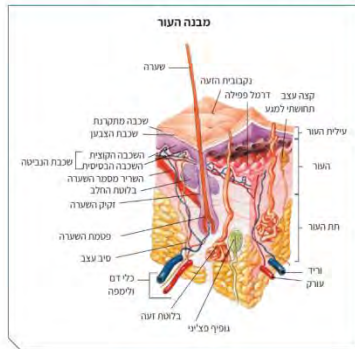
פרק 5: חיסון

מערכת החיסון – היכרות כללית

מערכת החיסון נלמדת בספר זה ללא היכרות מעמיקה עם מערכת ההובלה והרכב הדם. על כן ההתייחסות היא בעיקר לחשיבות המערכת לתפקוד הגוף. הסיפור אודות דיוויד ילד הבועה נועד להמחיש את חיוניות המערכת.

דרכי מניעה של חדירת גורמים זרים לגוף

1. הגנה מכאנית: התבוננו באיור של מבנה העור וכתבו כיצד לדעתכם מונע מבנה העור כניסת מיקרואורגניזמים לגוף?
2. הגנה כימית: חפשו באיור בלוטות הפרשה. אילו חומרים המופרשים מהעור עשויים לדעתכם למנוע חדירת מיקרואורגניזמים?
3. בפרק 1 למדתם אודות המיקרוביום. מהם התנאים המאפשרים למיקרואורגניזמים אלו להתקיים על העור?
4. כיצד לדעתכם יכול המיקרוביום להגן על הגוף מפני מחוללי מחלות?

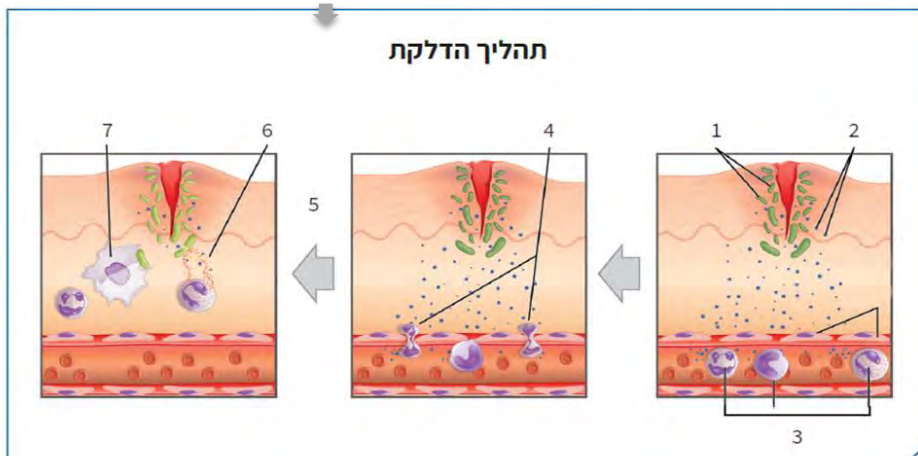


מניעה של חדירת גורמים זרים לגוף מתוארת בעיקר באמצעות דרכים שניתן להמחיש. הגנה מכנית באמצעות מבנה עור צפוף המהווה מחסום, וכך גם שכבת תאי אפיתל במערכות כגון עיכול, נשימה, רבייה ועוד. באיור מוצגת נקבובית הזיעה כמדגימה הגנה כימית, על ידי הפרשת מלחים שמעכבים חיידקים הרגישים למלח. בנוסף ניתן להתייחס לדרכים אחרות כגון חומציות הקיבה, ריריות מערכת הנשימה וכדומה. יש לציין את מגוון החומרים היוצרים מגוון סביבות כימיות, ובכך מונעים חדירת אורגניזמים שונים בתכונותיהם. המיקרוביום מגן מפני התבססות חיידקים פתוגניים למשל באמצעות תחרות על משאבים.

התפתחות דלקת:

1. התאימו את התהליכים הבאים למספרים המופיעים באיור:

- 7 תאים לבנים באמצעים מיקרואורגניזמים
- 5 תאי הדם הלבנים מתקדמים לעבר התאים שנפגעו, שם ריכוז "חומרי האצטקה" הוא הגבוה ביותר.
- 1 מיקרואורגניזמים חודרים לגוף
- 3 תאי הדם הלבנים בניי הדם, נקשרים ל"חומרי האצטקה"
- 4 תאי הדם הלבנים נאחזים ועוברים בין תאי דפנות נימי הדם
- 2 תאי הגוף שנפגעו מפרישים "חומרי אצטקה"
- 6 תאים לבנים מסוימים מפרישים חומרים שמפרקים את המיקרואורגניזמים



5.2 מהבנה של מערכת החיסון ועד למניעת מחלות

שאלה 1. יישום הידע אודות הזיכרון החיסוני שנלמד בסעיף הקודם, תוך התייחסות לשיטת חיסון עתיקה. יש לשפוט את הסיכון של השיטה בראי התקופה. חשוב להבין שמדובר במחלה קטלנית ביותר, ובאותה תקופה הסיכוי היחידי להפחית סיכון למחלה היה בשאיפה של גלדים יבשים של חולים שחלו במחלה קלה יחסית.

שאלה 2. השימוש בתחלואה במחלות קלות כחיסון נגד מחלות קשות היה ידוע גם באירופה, כפי שנלמד בסעיף הקודם. אך מנגד, המעקב האישי שערך ג'אנר אחר תושבי הכפר, מיקד את התופעה ועזר להגדיר אותה. החידוש של ג'אנר הוא ביישום הידע באופן שיטתי.

שאלה 3. שאלה זו דורשת יישום ידע קודם אודות אנטיגנים ונוגדנים. תלמידים רבים יצטרכו רמזים על מנת לסייע להם לקשר בין התופעות.

שאלה 6. בדרך החיסון העתיקה השתמש בגלדים ישנים, שכפי הנראה הכילו אורגניזמים מתים, לעומת ההדבקה הישירה בחומר חי וגרימת המחלה של אבעבועות הפרות.

שאלה 7. נדרשת כתיבת טיעון המנתח שיקולים ערכיים לצד הערכת עובדות, וקביעת עמדה אישית.

תהליך קביעת העמדה

א. יש להגדיר עובדות: מה ידוע לנו על המעשה, התנאים, רמת הסיכון כפי שהיתה ידועה אז? אילו מטרות הנחו את ג'אנר? מהו הידע המדעי שעמד לרשותו אז, ולעומת זאת מהו הידע המדעי שלנו כיום?

ב. יש להגדיר אילו ערכים רלוונטיים למעשה. ניתן לתת דוגמאות כגון: יושרה, אמתלשקר, הגינות, הצלת חיים/סיכון חיים, גרימת נזק/תועלת, כבוד, רדיפת בצע ועוד.

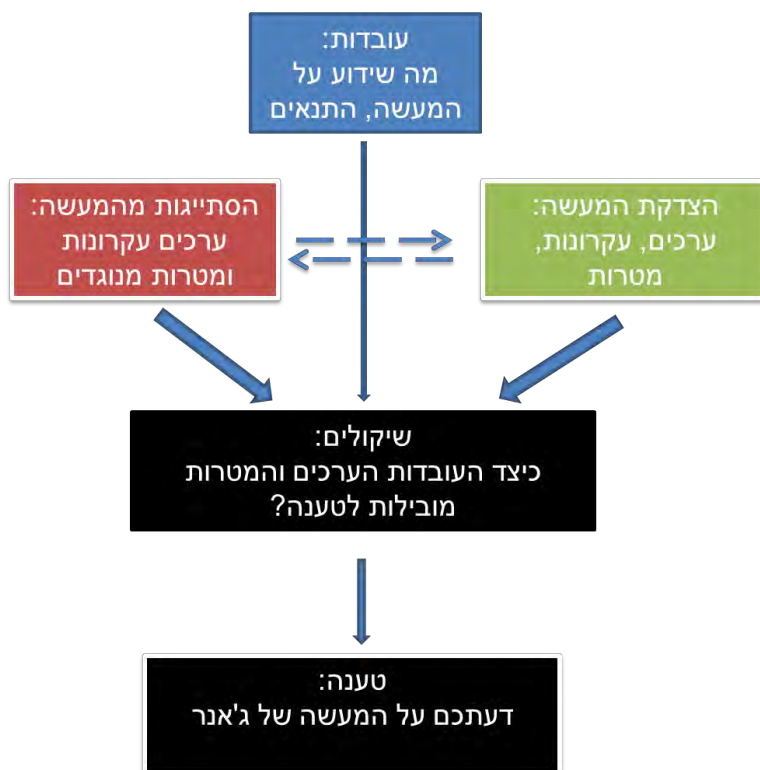
ג. ליצור רשימה של ערכים או עקרונות התומכים במעשה, לעומת המתנגדים למעשה.

ד. ניתן ליצור הירארכיה של ערכים – מהם הערכים החשובים יותר?

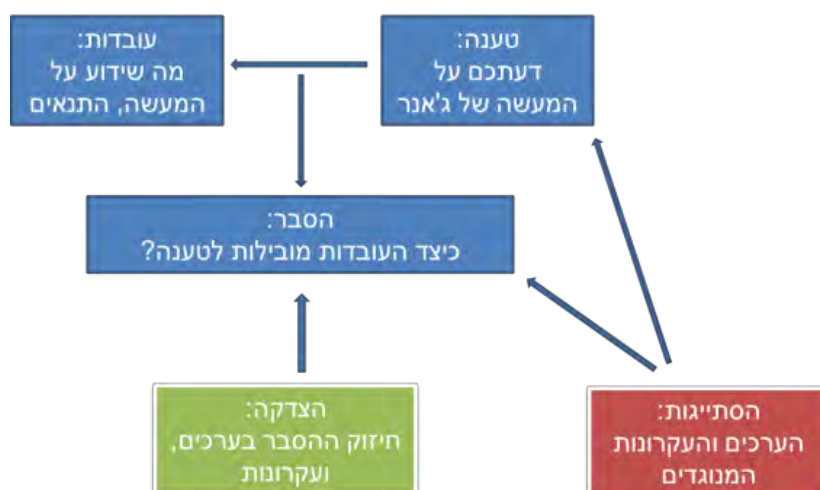
ה. יש לנסח את השיקולים של שני הצדדים.

ו. יש לנסח טענה המבטאת את העמדה האישית (היא יכולה להיות מורכבת).

ז. ניסוח הטיעון – טענה הנתמכת בנימוקים הכוללים עובדות עליהן מתבססת הטענה, שיקולים ערכיים בעד ונגד הטענה.



מבנה הטיעון:



שאלה 8. הגורמים המרכזיים להבדל: שפעת יכולה להתקיים גם בבעלי חיים, אינה יציבה ויכולה להשתנות בכל עונה.

5.3 חיסונים – טכנולוגיה רפואית למניעת מחלות

שאלה 1. הידע הקודם של התלמיד מתייחס לספציפיות של נוגדן, לזיכרון חיסוני, ולחיסון הראשון. בהתאם מצופה מהתלמיד ליישמו בהקשר של החשיפה לגורם מחלה מוחלש או מומת.

לפניהם נתוני תחלואה בצהבת A בין השנים 2009-1992 בישראל.

שנה	מס. מקרי צהבת A (בקירוב)	שנה	מס. מקרי צהבת A (בקירוב)
1992	1000	2001	800
1993	3000	2002	100
1994	3500	2003	120
1995	2000	2004	170
1996	2500	2005	110
1997	4000	2006	80
1998	2000	2007	100
1999	2100	2008	70
2000	1200	2009	100

א. שרטטו גרף המציג את השתנות מספר המקרים של צהבת A לאורך השנים.

ב. באיזה סוג גרף תבחרו? מדוע?

שאלה 2. מיהו הפעיל בחיסון פעיל?

שאלה 4. בחירת סוג גרף היא הזדמנות להעמיק בשיקולים לבחירה.

[יוחאי ברק \(2004\) איזה גרף נבחר היום? העלון למורי הביולוגיה, 169.](#)

הנתונים בטבלה מושפעים ממספר גורמים: [1] האקראיות או מורכבות התנאים שמשפיעה על התפרצויות של מחלות הנוטות להשתנות ברמתן לאורך זמן. [2] פעילות מניעה שמתקיימת על ידי הרשויות [3] הטמעת החיסון באוכלוסייה אורכת מספר שנים, אך ניתן לראות בבירור שמשנת 2002 מקרי צהבת A הפכו לנדירים.

חיסון סביל – הזרקת נוגדנים ממקור חיצוני. החיסון הסביל ניתן רק במקרים מסוכנים לצורך הצלת חיים, בשל הסכנה ארוכת הטווח. חשיפה לנוגדנים ממקור חיצוני גורמת למערכת החיסון לייצר נוגדנים כלפיהם, מאחר והם מזוהים כגוף זר. לעיתים התגובה החיסונית החזקה כשלעצמה עלול לגרום לחולה נזק. כמו כן, מה עלול לקרות במצב בו יהיה צורך לחסן חיסון סביל בשנית?

5.4 על חיסונים ועל מתנגדים

עמדות המתנגדים לחיסונים מוצגות באופן נרחב וקולני בשיח הציבורי, הן בכלי התקשורת והן ברשתות החברתיות. החינוך המדעי נדרש לספק כלים לתלמיד לעיצוב עמדה מושכלת, מבוססת ידע

מדעי, בסוגיה. בפרק זה התלמידים מציפים את העמדות הרווחות בסביבתם הקרובה באמצעות שאלונים, וכן מבררים את הסוגיה לאור הידע שצברו בנושא ובעזרת מקורות מידע.

דוגמאות לשיקולים מדעיים ומוסריים המתייחסים להיבטים שונים של סוגיית חיסונים

דוגמאות להיבטים	דוגמאות לשיקולים בעד חיסונים	דוגמאות לשיקולים נגד חיסונים
מדעי	רמת סיכון	הסתברות
תופעות לוואי ביחס למחלות	רמת הסיכון נחקרה	החומרים מסוכנים
חומרים בתרכיב	מחקרים שוללים, מקרים נדירים	התמקדות במקרים
נזקים לטווח ארוך	תלוי באחוז המחסנים	סיכוי נמוך לחשיפה
האוכלוסייה מחוסנת	איסור להזיק לאחרים	הגנה על האדם הפרטי מתופעות לוואי
מוסרי	חובת הגנה על בעלי מערכת חיסון	יש חיסון חברתי
הדבקה – גרימת נזק	חלשה	חלשה
אוכלוסיות חלשות	נתמך במחקר\ דיווחי אמת	מניפולציה, מניע כלכלי
חברות התרופות	תקנות משרד הבריאות	לא פלילי
חובת חיסון		

5.5 פעילות סיכום לפרק החיסון

על מיפוי מושגים ניתן לקרוא במאמר של תמי יחיאלי, 'מפת מושגים' ככלי ללמידה משמעותית ולהוראה משמעותית, וכן מומלץ להשתמש באפליקציה ליצירת מפות מושגים כרטא-הב <http://kartahub.com> המאפשרת לתלמיד ליצור מפות בקלות, ויותר מכך, למורה לבדוק אותן ביעילות ובמהירות בזמן אמת.

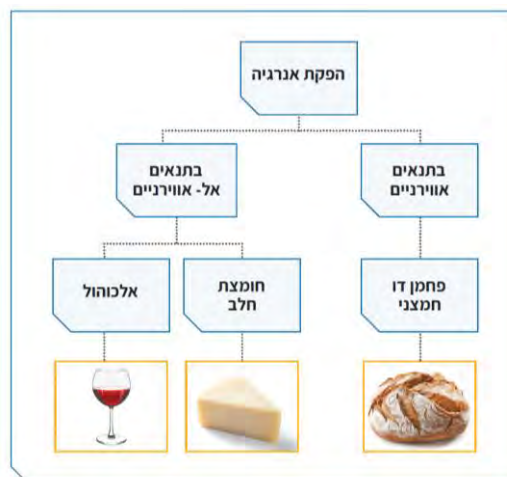


פרק 6: ביוטכנולוגיה

בפרק זה נחשפים התלמידים ליישומים ביוטכנולוגיים בהם מעורבים מיקרואורגניזמים מסוגים שונים. המטרה היא לפתוח לתלמיד פתח להכרת תחומים כמו תעשיית המזון. מקורות המידע בפרק מאפשרים לתלמיד לקבל כלים וידע עדכני ורחב ככל הניתן, על מנת שיוכל לפתח עניין בתחומים אלו.

6.1 מיקרואורגניזמים בתעשיית המזון

הדוגמאות בהם עוסק פרק זה קשורות לתהליכים אירוביים ואנאירוביים של הפקת אנרגיה. הכרת התהליכים הביוטכנולוגיים הללו מאפשרת הבנה ושליטה על גורמים שעשויים לשפר את המזון. בהתאם לרעיון זה נדרשים התלמידים לחקור את ההשפעות השונות במטרה להכין מוצר איכותי.



6.1.1 לחם

מעבדה 8: פיתוח מתכון לאפיית לחם

הבנת תפקידם של מרכיבי הלחם השונים עשויה לתת כלים לשיפור המוצר.

מעבדה זו מדגישה את בידוד המשתנים בתכנון הניסוי, על מנת שניתן יהיה להבין את השפעתו של כל מרכיב על התוצר הסופי.

תפקידי המרכיבים של הלחם: [קומרובסקי \(2012\) המדריך לאפיית לחם בבית - החומרים](#)

מרכיב	תפקיד	עודף – שיקולים	חסר – שיקולים
קמח	בעיקר גלוטן – מתן נפח חוזק וגמישות לבצק, כליאת בועות הגז בתפיחה, מרקם.	חוזק, יכולת עיבוד, יובש	יכולת עיבוד, יכולת התמצקות
מלח	"קשירת" הגלוטן, חיזוק הבצק, הגבלת פעילות השמרים (אוסמוזה), וטעם.	לחץ אוסמוטי המאפשר פעילות מיטבית של שמרים. טעם	השפעה על חוזק הבצק. טעם
שמרים	מבצעים תהליכי נשימה ותסיסה החיוניים להתפחה ולטעם. סוג השמרים קובע תהליכים וטעמים.	השפעה על פעילות, טעם, מרקם.	השפעה על תפיחה.
סוכר	בעיקר כמזון להתפתחות שמרים, טעם.	שיקולים אוסמוטיים, טעם.	שיקולים אנרגטיים, טעם.
מים	תורמים ליצירת סיבי גלוטן, וכן תנאים להתפתחות שמרים.	יכולת התמצקות ועיבוד.	הגבלת ההתפתחות של השמרים

הגבלת היצירה של סיבי גלוטן			
מרקם וטעם.	מניעת ההתפתחות של שמרים, מניעת כניסה ויציאה של גזים.	לא הכרחי. השפעה על מרקם.	שמן

טמפרטורה: חיונית לפעילות מיטבית של התהליכים הביולוגיים בשמרים (אנזימים). טמפרטורה גבוהה מדי תגרום השפעה על מידת הפעילות של אנזימי השמרים, דנטורציה, התייבשות, חריכה. לטמפרטורה נמוכה מדי השפעה על אנזימי השמרים, והגבלת פעילות.

כמו כן **למשך התפתחת הבצק ולמשך הלישה** השפעה על משך התהליכים, ומכך על מקרם ונפח הלחם.

פעילות זו מזמנת העמקה במאפייני הניסוי המדעי. ניתן להרחיב למשל במשימה המתוקשבת: [פעילות חיידקים פרוביוטים – משימה להקניית מיומנויות חקר.](#)

6.1.2 י"ן

שאלה 1. ענבים, בניגוד למשל לאבוקדו או בננות, הם פירות המכונים "לא קלימקטריים", אשר אינם ממשיכים להבשיל אחרי קטיפתם. במהלך הבשלתם הטבעית בעץ, עולה רמת הסוכר ויורדים ריכוזי חומרים כמו טנינים (הגורמים לעפיצות ותחושת צריבה ויובש בפה). מאחר ורמת הסוכר קובעת את רמת האלכוהול (על פי הנוסחה של תסיסה כהלית), יש להקפיד על רמת סוכר גבוהה בענבים.

שאלה 2. תהליך התסיסה מתבסס על ניצול של תכולת הענבים. יש ליצור תמיסה שתאפשר לשמרים לנצל את מירב החומרים לתהליך, ומשום כך חשוב לסחוט את הענבים.

שאלה 3. על הענבים והעלים בגפן מתפתחות פטריות שמר שמסוגלות לקיים תהליכי תסיסה. עם זאת, אין בקרה על סוגי המיקרואורגניזמים העשויים להתפתח על הפירות או העלים, וכך אין שליטה מוחלטת על איכות היין. לפעמים מתפתחים בתירוש מיקרואורגניזמים המקיימים תהליכי תסיסה אחרים שיוצרים תוצרים כגון חומצת חומץ או חומצה לקטית. אלה תהליכים שאינם רצויים ליינן. בשיטות המודרניות לייצור יין החיטוי והשימוש בשמרים תעשייתיים מאפשרים שליטה טובה יותר על התהליכים, ועל התוצר המתקבל.

שאלה 4. ככל שמתמשך תהליך התסיסה רמת הסוכר יורדת ורמת האלכוהול עולה, כפי שניתן לראות בנוסחת התסיסה הכהלית. משך תהליך התסיסה הוא למעשה הגורם הקובע האם היין יהיה "מתוק" בעל רמת אלכוהול נמוכה יחסית, או "יבש" כלומר ללא סוכר ובעל רמת אלכוהול גבוהה יותר.

שאלה 5-

שלב	שיטה מסורתית	שיטה מודרנית	תפקיד בייצור היין
בציר	ידני	מכני	קביעה של תכונות הענבים: רמת סוכר, pH, על פי העיתוי והשיטה.
יצירת תירוש	דריכה	סחיטה, הפרדה	מיצוי חומרי המוצא לתהליכי התסיסה לתוך התירוש
חיטוי	לא קיים	גופרית דו-חמצנית או פספור, הוספת שמרים מסחריים.	שליטה על המיקרואורגניזמים שיוצרים תהליכי

תסיסה	מכלי נירוסטה או חביות עץ, במפרטורה מבוקרת	כדי חרס או חביות עץ במרתפים	תסיסה
יישון ולא תסיסה משנית	הוספת חיידקים, מלולאקטים, יישון בחביות.	יישון בחביות או כדים	יישון ולא תסיסה משנית
הצללה וסינון	סינון והצללה	סינון	הצללה וסינון
ביקבוק	בדרך כלל פקק שעם, לפעמים המשך התיישנות בבקבוקים.		ביקבוק
תסיסה	יצירת תנאי טמפרטורה ומיעוט חמצן המשפיעים על קצב התסיסה.		תסיסה
הוספת טעם, צבע וניחוח.	קבלת יין צלול		הוספת טעם, צבע וניחוח.
שמירה על חיי מדף של היין, בתנאים שלא יאפשרו תהליכים מיקרוביולוגיים נוספים.			שמירה על חיי מדף של היין, בתנאים שלא יאפשרו תהליכים מיקרוביולוגיים נוספים.

שאלה 6. א. עיכוב בין הבציר לדריכה עלול לגרום לתהליכי תסיסה לא מבוקרים, לטמפרטורות לא רצויות, לתהליכי ריקבון ועוד. ב. בתהליך התסיסה הכהלית נוצר גם פחמן דו-חמצני.

שאלה 7. ההבדל בין יין ענבים למשקאות אלכוהוליים אחרים נובע מהחומרים הקיימים בתמיסה בה גדלים המיקרואורגניזמים. חומרים אלה משפיעים על התנאים היוצרים את התסיסה, ובהתאם לכך גם על התוצרים. גם מיקרואורגניזמים הנמצאים באופן טבעי בפירות צמחים מהם מייצרים את המשקה גורמים להבדל בתכונות המשקה האלכוהולי הנוצר. בנוסף, למשקאות אלכוהוליים שונים מוסיפים חומרים כמו אלכוהול או חומרים נותני טעם.

6.1.3 מוצרי חלב

בפרק זה התלמיד מתנסה בתהליכי תסיסה ביתיים. התלמיד נחשף למגוון אפשרויות רחב בתעשיית מוצרי חלב, ומתנסה בתהליך רב שלבי שיאפשר לו להבין דרכים שונות לייצור מוצרי חלב.

מעבדה 9: הכנת יוגורט ולבנה

1. שלב א – פיסטור, המאפשר לשלוט על מיני המיקרואורגניזמים שיגדלו בחלב. שלב ב – יצירת תנאי טמפרטורה מיטביים (אופטימליים) לפעילות מיקרואורגניזמים אלו (שמהווים גם חלק מהמיקרוביום במערכת העיכול של בני אדם ב-37°C). שלב ג – חיטוי הכלים כדי לקבוע ככל הניתן איזו אוכלוסיית חיידקים תתקיים בחלב. שלב ד – הכנסת המיקרואורגניזמים החיים ביוגורט לתוך החלב. ה – שמירה על תנאים אווירניים עם מניעת כניסה של מיקרואורגניזמים אחרים לכלי. ו – יצירת סביבה מיטבית להתפתחות המיקרואורגניזמים בחלב.

2. מומלץ לכוון את התלמידים לשינויים שיאפשרו איכות טובה של מוצר. שינויים שיגרמו לאוכלוסיות חיידקים אחרות להתפתח בחלב (למשל חוסר חיטוי) עשויים לגרום לתוצאה מאכזבת. עם זאת, שינויים בכמות החיידקים שיוכנסו לתהליך, בטמפרטורה בטווח מוגדר (מומלץ לא לחרוג מהטווח של בין 15° ל-25°), (בסוג החלב) למשל חלב עיזים לעומת בקר) בסוג היוגורט לבן או שימוש בטבילות של חיידקים פרוביוטים, יכולים להביא לתוצאות מעניינות וטובות.

6.2 הארכת חיי מדף

מעבדה 10: הסתכלות בעובש מבעד למיקרוסקופ

1. חלקי העובש: קורי יניקה מאפשרים קליטת חומרי מזון ומים. רשת קורים מאפשרת תקשורת והתפשטות במרחב. גופי הרבייה מאפשרים רבייה זוויתית.

2. ניתן לראות דוגמאות לעובש מזיק ומועיל בקטעי המידע שבפרק המבוא.

3. תנאים המשפיעים על התפתחות עובש: לחות, מזון, טמפרטורה, תאורה.
4. טריות הלחם דורשת מניעת התייבשות. עם זאת, העובש דורש גם הוא תנאי לחות. מניעה של התפתחות עובש תתאפשר בתנאי יובש שאינם מתאימים לשמירה על טריות לחם. לכן נדרשים תנאים המאזנים בין הצרכים הסותרים, וזה למעשה הבסיס למעבדה שלפנינו.
5. יש לקיים את הניסוי למשך זמן בו התוצר במצב סביר, שאינו גורם תחושת אי נעימות לתלמידים. סביר להניח שמשך הניסוי תלוי בסוג הלחם, סוג העטיפה, עונת השנה ותנאי האחסון.
6. משקל הלחם מושפע בעיקר מהלחות בו. זהו גורם שמשפיע על תנאי התפתחות העובש.

על החמצת מלפפונים

להרחבה: [מלפפונים כבושים](#), משרד החינוך התרבות והספורט, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים.

ניסוי מעמיק בנושא: גולדין וברנהולץ (1990) פרקים במיקרוביולוגיה מעבדות. למורה וללברנט. המרכז הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, עמ' 103-106.

6.3 מזון מהונדס גנטית

נושא זה נלמד במטרה לתת לתלמיד מושגים בסיסיים בהנדסה גנטית, ללא בסיס ידע בביולוגיה מולקולרית. המושגים בנושא נלמדים בהיבט שימושי ולא תיאורטי. מצופה מהתלמיד להכיר עקרונות בסיסיים שיאפשרו לו להבין את השיח הציבורי בנושא.

מעבדה 11: הפקת DNA אנושי

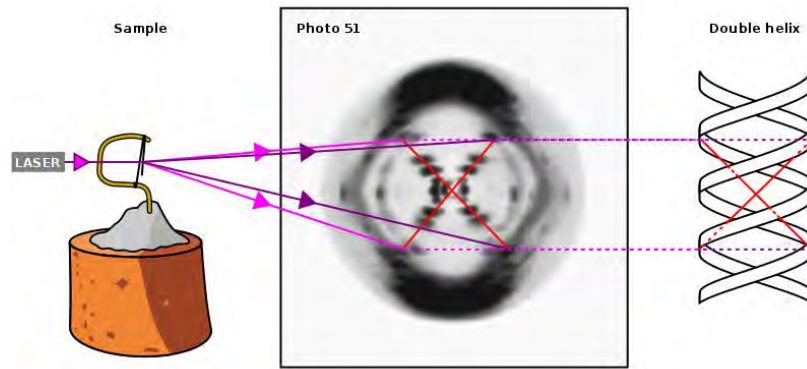
מטרת המעבדה היא להמחיש לתלמיד (שאינו לו רקע בכימיה) ש-DNA נמצא בתאים, והוא חומר שניתן להפיק בקלות יחסית. כדאי מאד להדגיש את הקשר בין המודל המוכר של הסליל הכפול לבין החומר חסר הצורה שמפיקים מתאי הגוף. חשוב להסביר את הפערים בסדרי הגודל, ומומלץ לספר מעט על הדרך בה התגלה המבנה של ה-DNA.

מומלץ (למורה) לקרוא את הספרים הבאים:

- ✓ ווטסון, ג'יימס (2005). הסליל הכפול, הוצאת ידיעות ספרים.
- ✓ מדוקס, ברנדה (2009). רוזלינד פרנקלין, הגברת האפלה של ה-DNA, ספרי עליית הגג ומשכל.

ניתן למחיש את הקשר בין תמונת ה-DNA שיצרה רוזלינד פרנקלין באמצעות קרני X (בתמונה 51) לבין מודל הסליל הכפול, שנבנה על ידי ווטסון וקריק. הקשר מומחש בתמונה הבאה⁷:

⁷ MagentaGreen [CC BY-SA 2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>)], via Wikimedia Commons



השימוש במתילן כחול מאפשר צביעה ייחודית של ה-DNA, כך שניתן יהיה לראות אותו על אף כמותו המוגבלת. ערך נוסף של צביעה זו נובע מההיבט האסתטי. מאחר והציפיה לראות תוצאה מרהיבה מתבדה, שכן החומר DNA נראה מאכזב לתלמידים, הצביעה נותנת תמונה יפה ומרשימה.

פרקי ההרחבה בהנדסה גנטית ממחישים את הטכנולוגיה. עם זאת, יש לבחון האם הרקע והמיומנויות של התלמידים מתאימים ללימוד פרקים אלו. ניתן להציע אותם גם כמשימות בונס לתלמידים בעלי מוטיבציה.

להעמקה: פעילות הממחישה את תהליך ההנדסה הגנטית, ובפרט – ייצור של מזון המהונדס גנטית.

הפעילות מתבססת על הכרת המושגים והתהליכים הבאים: DNA, גנים, תיעתוק ותרגום.

[זורנסקי יעקב וירדן, ענת \(2019\) אורז זהוב, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.](#)

6.3.1 דילמה ביואתית: מזון מהונדס גנטית

בציבור הרחב נפוצים חששות לגבי השימוש במזון מהונדס גנטית. סקר נרחב שנערך בקרב בוגרים בארצות הברית בשנת 2015 הראה שרק 37% מהציבור סבורים שמזון מהונדס גנטית בטוח לשימוש. לעומתם 88% מהמדענים סבורים שמזון זה בטוח לצריכה.⁸



מה משמעות הפער שבין עמדת המדענים לבין עמדת הציבור? האם הידע המדעי הוא הגורם היחיד הרלוונטי לסוגיה זו? האם הנושא הינו מדעי בלבד או גם ערכי? מה מקומו של הציבור בסוגיות מדעיות חברתיות, ומה תפקידו? שאלות אלו מחדדות את הצורך בחינוך לאזרחות מושכלת, לפיתוח כלים להחלטות בנושאים בהם מעורב ידע מדעי.

קביעת עמדה בסוגיה דורשת הכרה של היבטיה השונים. יש לפתח מודעות גבוהה בנושאים מעין אלו לאמינות מקורות מידע, נושא שמופיע בפעילות. מומלץ להכין את התלמידים על פי המחווה במשימת מוט"ל: ברנדון, דנאי, שורצזון וטל, [הקניית מיומנות של הערכת אמינות מידע](#).

⁸ Pew Research Center. (2015). Public and Scientists' Views on Science and Society.

מחווין להערכת אמינות מקור מידע

ניתן להעריך אמינות של מידע גם בעזרת המחווין הבא:

	קריטריון	אמינות		
		במידה רבה	במידה מסוימת	במידה מועטה
סמכות והמומחיות של דבריהם הוא מסתמך	סמכות הכותב והמומחיות של דבריהם	כותב הקטע מומחה בתחום או מסתמך על דברי מומחה ומצטט את דבריו	כותב הקטע אינו ידוע או שלא ידועה מידת ההיכרות שלו עם התחום, או שהוא מתבסס על דברי מרואיינים שאינם בעלי סמכות בתחום	כותב הקטע אינו עוסק בנושא הנדון ולא ברור מהכתוב שהוא ראיין מומחים בתחום לצורך הכתיבה
	סמכות הגוף המפרסם	המקור בו מפורסם המידע הוא גוף מוכר וידוע בתחום: עיתון, אתר תוכן, הוצאת ספרים ידועה או תוכנית טלוויזיה שהופקה ע"י גוף מוכר	המקור בו מפורסם המידע אינו ידוע או שלא ידועה מידת הקשר שלו עם התחום	המקור בו מפורסם המידע אינו ידוע ואינו מוכר, או שאינו שייך לתחום
אובייקטיביות		- למפרסם המידע אין עניין בהצגת נתונים לא מדויקים או לא נכונים - הצגת הדברים מאוזנת גם כאשר הנושאים שנויים במחלוקת - אין ערבוב בין עובדות ודעות	- ידוע כי לכותב או למקום הפרסום עלול להיות אינטרס בתחום אליו מתייחס המידע - הצגת הדברים אינה מאוזנת: צד אחד מוצג בצורה יותר מפורטת או אוהדת, או שהפרשנויות מוטות - יש ערבוב לעיתים בין עובדות ודעות.	- לכותב או למקור הפרסום אינטרס ברור בתחום - המידע מוצג בצורה חד-צדדית - הכותב מציג רק חלק מהעובדות או שמציג דעות ופרשנויות כאילו הן עובדות
עדכניות		מידע חדש שהתפרסם לאחרונה, אך נראה שעבר לפחות בדיקה ראשונית	בהתחשב בנושא בו עוסק הקטע, יתכן שחלו חידושים מאז הפרסום	לא ידוע תאריך הכתיבה. או - בהתחשב בנושא בו עוסק הקטע, סביר להניח שחלו חידושים בתחום מאז הפרסום

נוסף על כך, נדרשות מיומנויות מתחום **אוריינות המדיה**, שכן מקורות המידע, במיוחד אלה המבטאים עמדות המתנגדות למזון מהונדס גנטית מפעילים כלים תקשורתיים שאינם קיימים בדרך כלל בשיח המדעי. אחד הכלים התקשורתיים היעילים הוא המסגור. מסגור⁹ הוא הדרך שבה מידע מוגש בתקשורת. דרך זו משפיעה על עיבוד המידע על ידי הקורא, באופן שמתקבל מסר מסוים ולא מסר אחר. לדוגמה- את סוגיית המזון המהונדס גנטית ניתן להציג (למסגר) באמצעות המחשת בעיית הרעב באזור מסוים, או לעומתו באמצעות סיפור על שליטה של חברה המוכרת זרעים מהונדסים גנטית. הדרך בה מוצג הנושא (מסגור) עשוי להשפיע על עמדת הקורא. מודעות למסגור מאפשרת שיפוט מושכל של מידע מדעי המוצג במדיה.

יש לבחון את הסרטים והמאמרים מנקודות מבט נוספות, למשל באמצעות השאלות הבאות:

- ✓ מיהו יוצר הסרט\כותב המאמר? (מהן מטרותיו) האם ניתן לזהות אינטרסים כלכליים, אישיים או אחרים?
- ✓ מהם הערכים ונקודות המבט המוצגות?
- ✓ האם מופעלות על הצופה\קורא מניפולציות רגשיות, בנוסף לדיון ענייני בתכנים, כגון: סיפור מסגרת היוצר הזדהות, שימוש באמצעים חזותיים או קוליים?
- ✓ מיהם האנשים המוצגים או המצוטטים בסרט\מאמר? מהי רמת המומחיות שלהם בנושא?

⁹ Carver RB, Wiese EF and Breivik J. (2014) Frame Analysis in Science Education: A Classroom Activity for Promoting Media Literacy and Learning about Genetic Causation. International Journal of Science Education, Part B 4: 211-239.

לא מצופה מהתלמיד להכריע בסוגיות מורכבות מעין אלה על בסיס הידע המדעי שלו בלבד אך מטרת הפעילות היא לתת לתלמיד כלים מושכלים ככל הניתן של מידע מדעי בסיסי וחשיבה ביקורתית, על מנת שיבחר באילו מהצדדים ניתן לתת אמון.



6.4 מיקרואורגניזמים וסביבה

הוראת נושא זה מהווה הזדמנות להגביר את מודעותו של התלמיד לחשיבות של שינוי תרבות הצריכה והשלכותיו על צמצום טביעת הרגל האקולוגית, וכן לפתח אחריות סביבתית. פרק זה פותח בהצגת נתונים אשר מתוכם התלמיד מבין את המשמעות של הצטברות אשפה.

שאלות 2 ו-3 מתבססות על הידע של התלמיד, שנבנה במהלך לימוד הפרקים הקודמים, אודות דרכי הזנה של מיקרואורגניזמים, והעובדה שחומרים שונים מהווים מזון למיקרואורגניזמים שונים. ניתן גם להרחיב בעובדה שלא כל חומר מהווה מזון למיקרואורגניזמים, אך יכול להתפרק גם בתהליכי פירוק כימיים, כמו קורוזיה.

שאלה 4 מוסיפה ממד כמותי של הרכב האשפה בפועל. היבט זה מוביל לחשיבה על סדרי עדיפויות ודרכי פעולה בטיפול באשפה, וכמו כן מוביל את התלמיד למודעות בהפחתת הצריכה מחד, והמיחזור מאידך.

סקר המתבצע בכיתה משקף את המקום בו התלמיד כפרט, והקהילה בכלל יכולים להירתם למען הסביבה.

6.4.1 מחזור החומרים בטבע

מחזור החנקן משמש להדגמת הצורך במיחזור. התלמיד למד באופן בסיסי את מחזור הפחמן בו מעורבים התהליכים פוטוסינתזה ונשימה, וכן את מחזור המים. אך כדי להבין את סוגיית האשפה לא די באלו. באמצעות לימוד מחזורים כדוגמת מחזור החנקן, המרכיב העיקרי באטמוספירה, מודגשת הסוגיה של הצטברות תרכובות במערכת.

הבנת מחזור החנקן דורשת ידע בכימיה ויכולת הפשטה. עם זאת, הנושא חשוב כבסיס לדיון בתפקודי המיקרואורגניזמים בסביבה, ולכן דורש הוראה בדרך חווייתית שתאפשר הבנה פונקציונלית של הנושא, גם ללא רקע מדעי מעמיק. אתגר זה עומד בבסיס המשחק המוצג בספר.

דרך ההפעלה המוצעת:

הכנה: הדפסה של 11 דפי מאגרים, 11 קוביות משחק, 11 חותמות או מדבקות ייחודיות לכל מאגר.

בנספח מופיעים דפי המאגרים ודרכון של אטום חנקן, באופן הניתן להדפסה.

א. ארגון הכיתה: יצירת 11 תחנות בולטות, הכוללות שולחן ושלט בולט המציג את דף המאגר. על השולחן תהיה קובייה, וחותרמת התחנה, או דף מדבקות בצבע אסמל ייחודי לתחנה, בה יהיה כתוב שם המאגר.

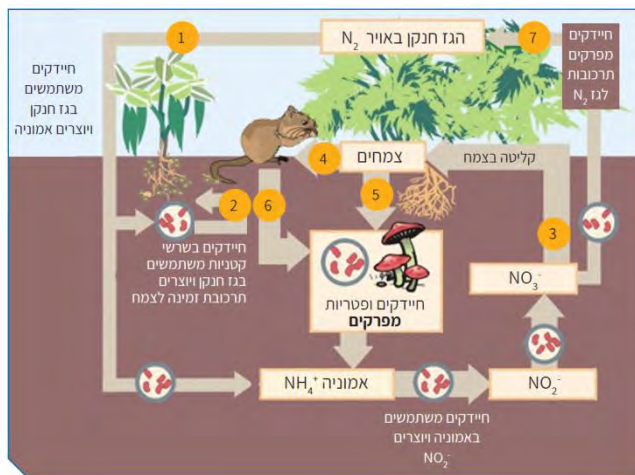
ב. כל תלמיד יקבל "דרכון של אטום חנקן", וכלי כתיבה.

ג. התלמידים יפוזרו בכל התחנות בתחילת המשחק. כל תלמיד יסמן את נקודת המוצא בחותמת או מדבקה.

ד. התלמיד יטיל קוביה ויפעל לפי ההוראות.

ה. בכל תחנה אליה יגיע התלמיד ידביק מדבקה\חתימה ויכתוב את אופן המעבר (זרימה, חלחול, קליטה בתאים, אכילה על ידי... וכדומה).

על כל תלמיד לעבור את סבב התחנות שלו עד לתחנת הסיום.



מוצע ליצור סיכום בכיתה על ידי בנייה משותפת של מסלולי מחזור החנקן, כשלב מקדים לעבודה מול התרשים המופיע בספר.

חוויה זו תאפשר לתלמיד ליצור הקשרים לתהליכים במחזור הפחמן המוצגים בתרשים מחזור החנקן, תוך השוואתם עם המסלול שעבר.

הדיון הכיתתי יקשר את הידע התיאורטי אודות מחזור החנקן לסוגיית המיחזור.

במשחק מוצג הרעיון לפיו אטומי חנקן יכולים "להיתקע" בתנאים מסוימים:

כשמשנתנה האיוון; כשהחומר מצטבר בתנאים בהם לא מתקיים פירוק (למשל בקרקעית מאגרי מים, בהם התנאים אנאירוביים, מצטברות תרכובות שלפירוקן נדרש חמצן); כאשר אטומי החנקן הופכים חלק מתרכובת הקשות לפירוק (בהתאם לנתונים שהוצגו בתחילת הפרק).

חשיבות המיקרואורגניזמים בפירוק מוצגת באופן ברור במחזור הפחמן, אך גם לאורך הספר, מתוך הרעיון שפירוק נעשה באמצעות מיקרואורגניזמים הצורכים את החומרים כמקור מזון.

6.4.2 מחזור אשפה אורגנית

שאלות 1-3 מבנות את המושג חומר אורגני. ניתן לשייך כל אחד מהמרכיבים של פסולת רטובה לחומרים שמקורם בצמחים או בעלי חיים, וזה מביא את התלמיד להבנת חוליה נוספת של המפרקים במחזורי החומרים.

שאלה 4. הגז מתאן מופק על ידי חיידקים מתאנוגניים בתנאים אנאירוביים, בטמפרטורה מיטבית, וכן בהרכב מתאים של תרכובות, ותנאי pH מתאימים.

שאלה 5. מציגה את החשיבות של יצירת תנאים אנאירוביים.

שאלות 6 ו-7 דורשות יישום הידע אודות הפקת המתאן לטובת פיתרון בעיית האשפה ומיחזור, מצד אחד, וניצול מקור אנרגיה ידידותי לסביבה מצד שני. המעבר ממערכת מעבדתית ניסויית למערכת ביתית מאפשר ניצול ישיר של הגז לשימוש ביתי.

שאלות 9-10 מתארות יישום הידע אודות מתאן להפקת חשמל. כאן נדרשת מערכת לאיסוף ושינוע, מערכת ליצירת חשמל מגז המתאן, וכן ניצול של הבוצה לדישון. המערכת מדגימה עד כמה ניתן לנצל את האשפה הן להפקת אנרגיה והן להשבת החומרים חזרה למחזור באמצעות קליטתם בצמחים.

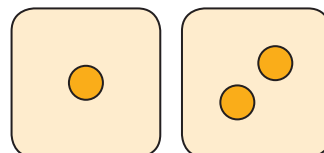


נספחים:

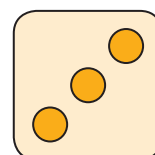
נספח 1: דפי מאגרים ודרכון של אטום חנקן

אטמוספירה

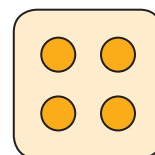
ברק גרם לגז החנקן להפוך
לתרכובת שהגיעה **לאדמה**.



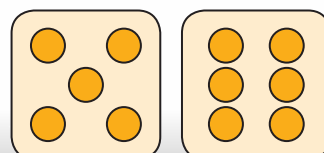
גז החנקן נקלט באצות והפך
לתרכובת שעברה **לאדמה**.



נקלטת בחיידקים בשרשי שעועית.
הם יצרו תרכובת שנקלטה בצמחים,
והגיעה **לאדמה**.

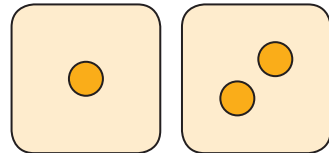


נקלטת בעננים והגעת **לגשם**.

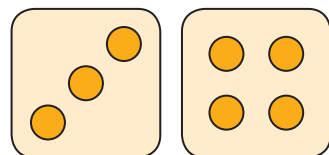


מים עיליים

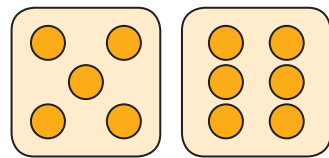
נקלטת בצמח.



זרמת דרך הנהר לאוקיינוס.

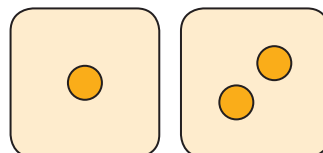


חלחלת לעומק והגעת למי תהום.

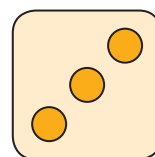


גשם

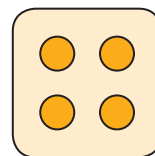
הגעת לאגם או נחל- מים עיליים.



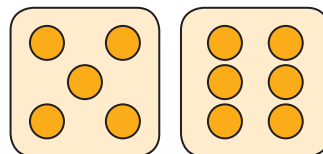
זרמת לאוקיינוס.



חלחלת לעומק והגעת למי תהום.

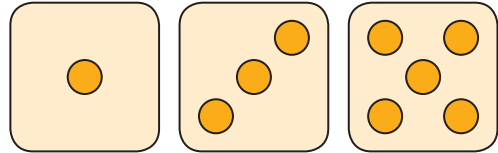


נקלטת באדמה.

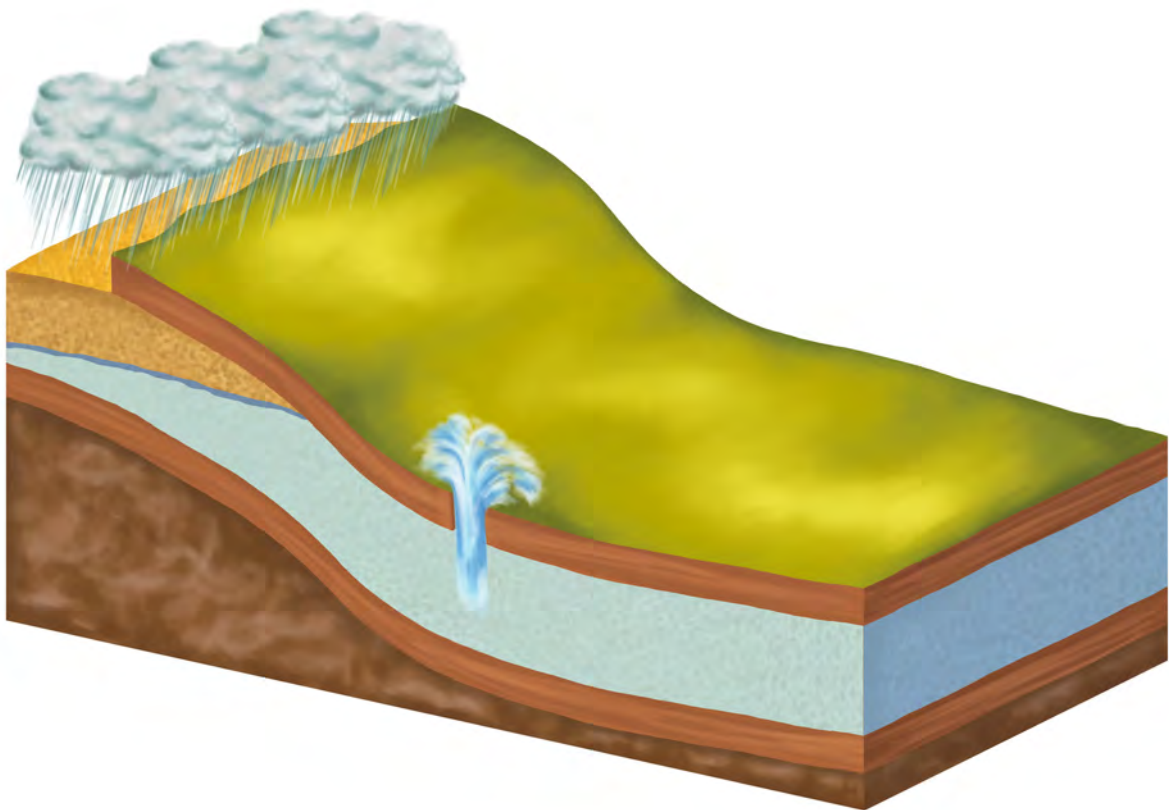
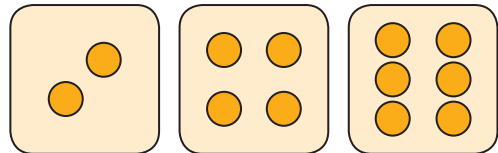


מי תהום

עלית לאגם או נחל- מים עיליים.

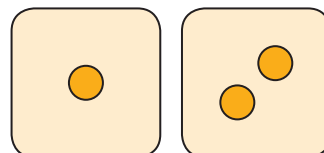


זרמת לעבר האוקיינוס.

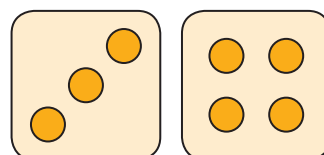


דשנים

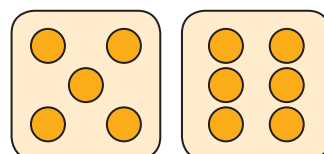
התפרקת, התמוססת ונשטפת בזרם
למים עיליים.



הפכת לחלק מהאדמה.

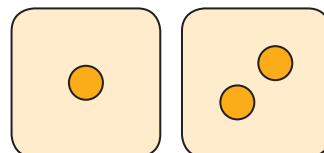


נקלטת בצמחים.

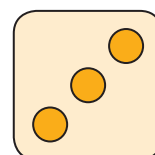


אדמה

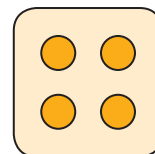
נקלטת בצמח.



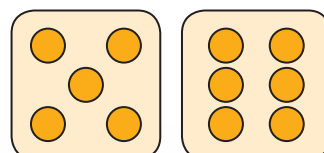
התמוססת ונשטפת למים עיליים.



התמוססת ונשטפת למי תהום.

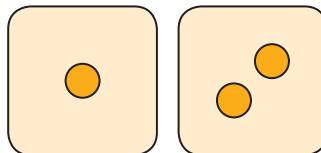


חיידק פרק אותך לגז חנקן
והגעת לאטמוספירה

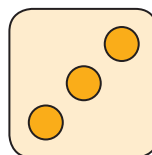


אוקיינוס

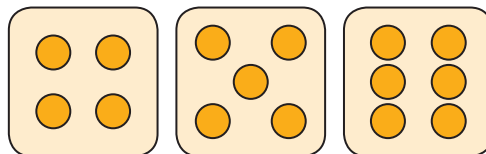
נקלטת בצמח.



נשטפת למי תהום.

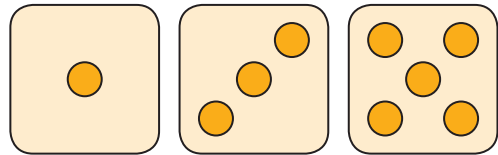


חיידק פרק אותך לגז חנקן
והגעת לאטמוספירה

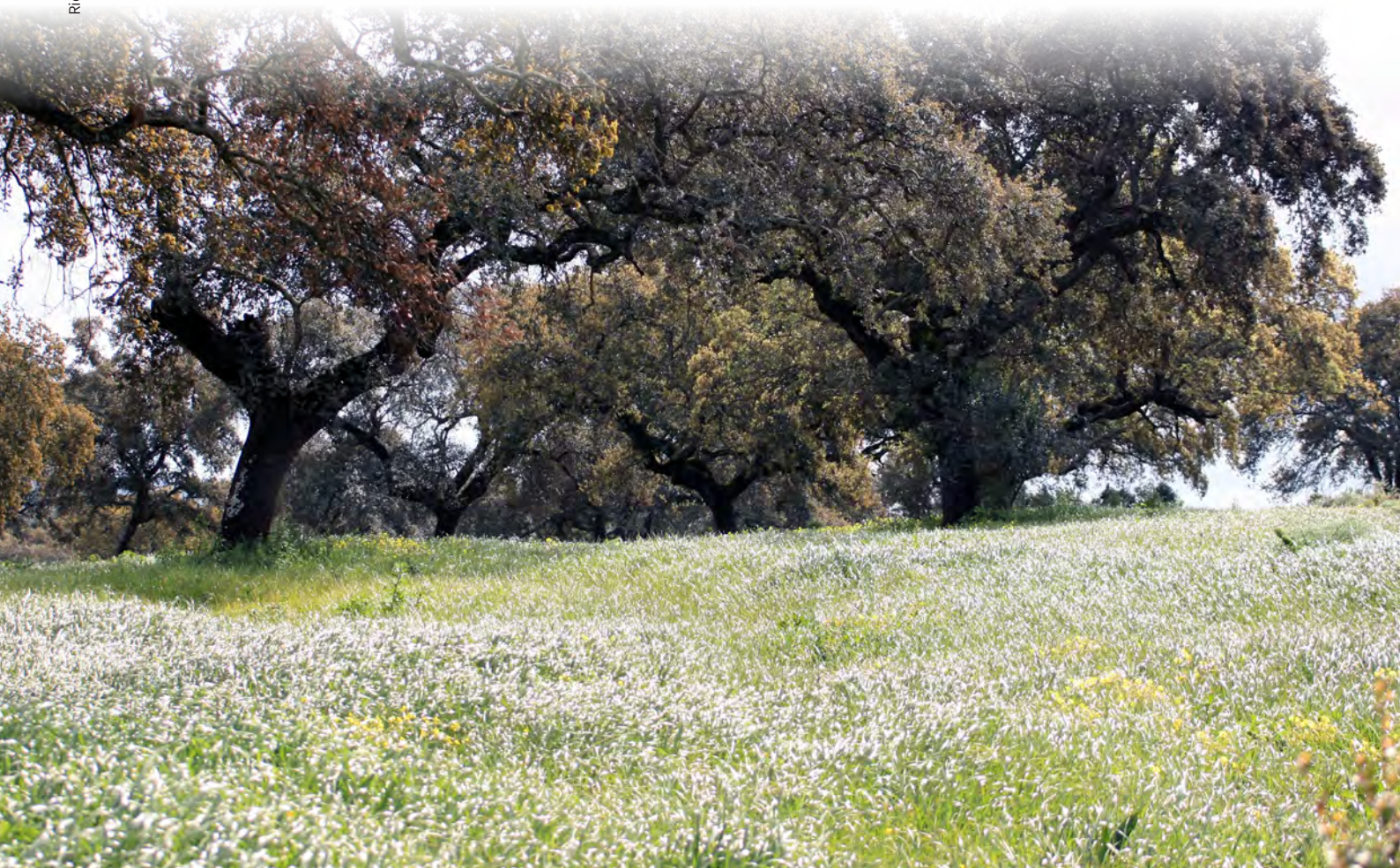
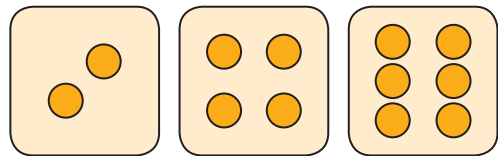


צמחים

הצמח בו שכנת מת.
עבור לבע"ח וצמחים מתיים.

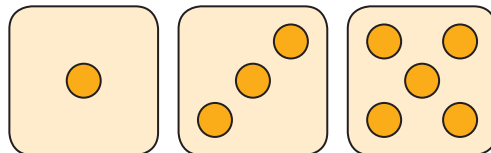


חיה אכלה את הצמח.
עבור לבע"ח חיים.

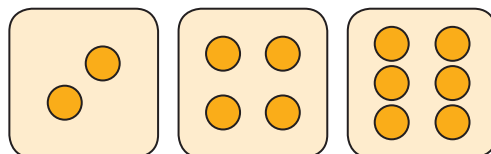


בע"ח חיים

החיה בה שכנת מתה.
עבור לבע"ח וצמחים מתים.

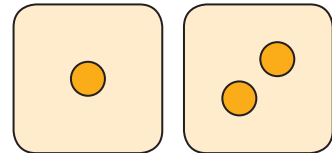


עברת להפרשות החיה.
עבור להפרשות בעלי חיים.

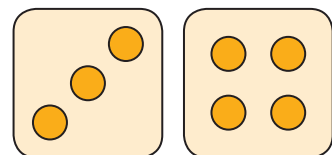


הפרשות בע"ח

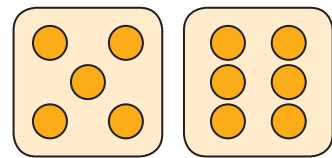
התפרקת באדמה.



נאספת על ידי חברת דשנים,
שיצרה ממך דשן.

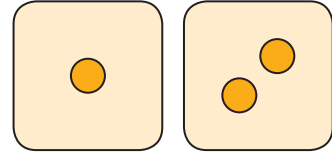


התמוססת והגעת למים עיליים.

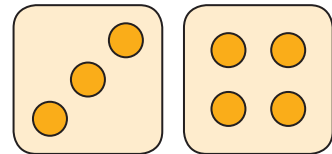


בע"ח וצמחים מתיים

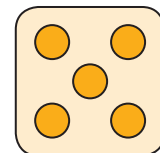
התפרקת באדמה.



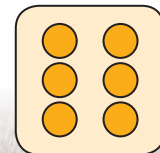
היער בו היית נשרף,
והשתחררת לאטמוספירה.



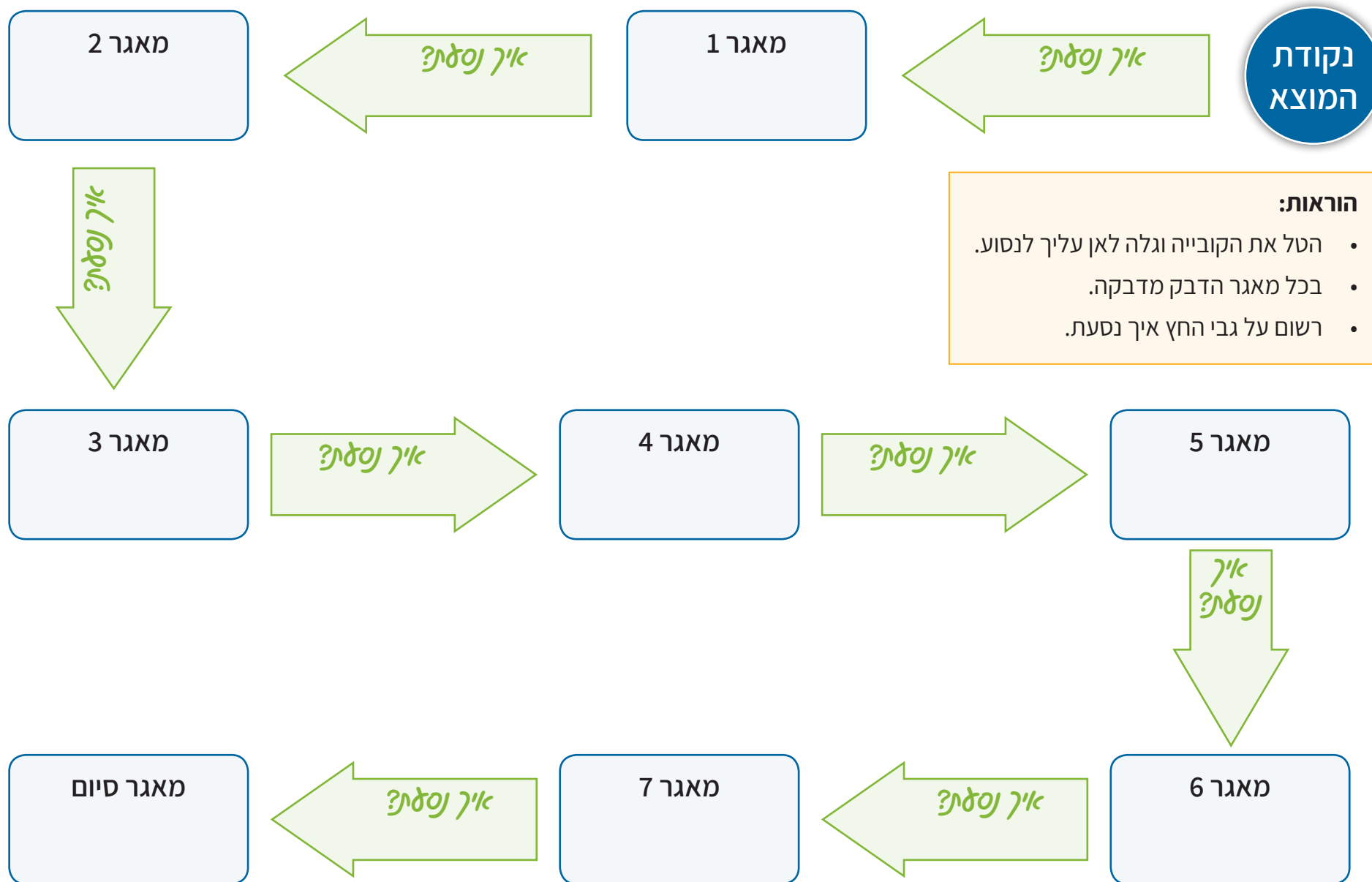
התפרקת והתמוססת במים,
וזרמת לאוקיינוס.



התפרקת והתמוססת במים,
וזרמת למים עיליים.



דרכון של אטום חנקן



מקורות האירים והתמונות במדריך למורה

מספר העמוד	תיאור התמונה	שם הצלם\ היוצר	רישיון
כריכה	סטרפטוקוקוס פנאמוניה	ktsdesign	shutterstock.com
	תא בלען	National Institutes of Health (NIH)	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Streptococcus_pyogenese_Bacteria.jpg
	DNA	Yang Nan	shutterstock.com
	ענבים	FotisR	shutterstock.com
	דיסקיות אנטיביוטיקה	Jorun Ontarai	shutterstock.com
	התרבות לישמניה	CDC/ Drll.Moore.Jr	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leishmania_mexicana.jpg
	גבינה	Andrey Starostin	shutterstock.com
	עובש	CDC/Dr. Lucille K. Georg	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mature_sporangium_of_a_Mucor_sp._fungus.jpg
	כדורים		shutterstock.com
	מיקרואורגניזמים		shutterstock.com
4			shutterstock.com
6			shutterstock.com
10		דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com
11		דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com
12		דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com
16	זרעי קקאו		shutterstock.com
19	אלכסנדר פלמינג בקבלת פרס נובל		https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5:Nobelpristagare_Fleming_Midi.jpg
22		דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com
23	מנגוני אנטיביוטיקה		shutterstock.com
24	מנגוני אנטיביוטיקה		shutterstock.com
25	נגיפים	דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com https://cnx.org/contents/GFy_h8cu@10.53:rZudN6XP@2/Introduction
26	נגיפים		shutterstock.com
28	תא	דגנית סטנייצקי	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com
	תמונות אורגניזמים בטבלה		https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlorella.png Creative Commons, Attribution-Share Alike 4.0 International, 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic and 1.0 Generic license shutterstock.com
30	לישמניאזיס עורי, עלון הסברה	המשרד להגנת הסביבה	נדלה מהאתר http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/pestcontrol/pests/sandfly/documents/leishmania-pamphlet.pdf בתאריך 19.2.27 מתן הזכות לשימוש בחומרים, אינה מתן חסות של המשרד לפרסום בכללותו או לגוף המפרסם
31	סיכום אורגניזמים	דגנית סטנייצקי מס. תמונות ע"י: David Gregory & Debbie Marshall	תמונות לקוחות מ- shutterstock.com https://wellcomecollection.org/works/a6d5cf9z CC BY https://wellcomecollection.org/works/yxuunwncv?query=bacteria CC BY https://wellcomecollection.org/works/jf8ggj5u?query=%20virus CC BY
32	מבנה העור	US-Gov	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skin_heb.jpg
	תהליך הדלקת	OpenStax College	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1906_Emigration.jpg Creative Commons Attribution-Share

Alike 3.0 Unported			
shutterstock.com		חיסון	35
shutterstock.com - תמונות לקוחות מ-	דגנית סטנייצקי	הפקת אנרגיה	36
	אסתי לסלו	הפקת DNA	40
shutterstock.com		DNA	
shutterstock.com		הערכת מידע	
shutterstock.com		כדור הארץ	42
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nitrogen_Cycle.jpg	U.S. Environmental Protection Agency	מחזור החנקן	43
shutterstock.com		איור מפעל ייצור חשמל ודשן	44
shutterstock.com - תמונות לקוחות מ-	דגנית סטנייצקי	כרטיסיות מחזור החנקן ודרכון	נספח