



מכון ויצמן למדע

WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Research Proposal for a
Master of Science Thesis

תכנית מחקר לעבודת גמר
לקראת תואר מוסמך למדעים

By
Hadas Gardi

מאת
הדס גרדי

**יכולת תלמידי ביולוגיה לקשר בין נושאים ברמות ארגון שונות: שימוש
בסביבת למידה מתוקשבת.**

**Biology majors' ability to connect topics at different
levels of organization: Using an online learning
environment.**

Advisor:
Prof. Anat Yarden

מנחה:
פרופ' ענת ירדן

January 2019

שבט תשע"ט

תוכן עניינים

3	תקציר
5	Abstract
8	מבוא
8	חשיבה מערכתית
8	מודלים להתפתחות חשיבה מערכתית
9	תכנון סביבת למידה מתוקשבת
10	מטרות
11	שאלות המחקר
11	מתודולוגיה
11	אוכלוסיית המחקר
12	שאלונים
13	סביבת הלמידה
14	תוצאות
14	חלק א' – ניתוח שאלוני המורים
	חלק ב' – יכולת תלמידי מגמת ביולוגיה לענות על שאלות הדורשות קישור בין נושאים מפרקי ליבה
17	שונים
	פרק ג' – התמודדות של תלמידים עם שאלות הדורשות הקשרים בין רמות ארגון שונות, בעת לימוד
25	בסביבת הלמידה
	פרק ד' – השפעת ההתנסות בסביבת הלמידה על יכולת התלמידים להשתמש, בו זמנית, במושגים
32	מפרקי ליבה שונים במענה על שאלות בביולוגיה
39	דיון
41	שיפורים מוצעים בסביבת הלמידה
42	מגבלות המחקר
42	שאלות להמשך מחקר
43	ביבליוגרפיה
45	ניספחים
45	נספח 1 – שאלוני תלמידים
46	דוגמאות לדרך בה נותחו תשובות התלמידים לכל אחת מהשאלות
49	נספח 2 – הפעילויות שנבנו בסביבת הלמידה
61	נספח 3 – שאלות מתוך הפעילויות
64	נספח 4 – טבלאות ניקוד התלמידים
66	נספח 5 – סיכום נתוני שאלון תיקוף מורים
73	נספח 6 – שאלון נושאי העמקה
81	נספח 7 – תפיסה שגויה של תלמידים – מעבר חומרים בתמיסה איזוטונית

המחקר הביולוגי העכשווי עוסק בפתרון בעיות מורכבות, בעיות שפתרוןן מחייב הבנה וקישור בין מספר רמות ארגון. קישור זה בין מספר רמות ארגון הוא אחד המרכיבים של "חשיבה מערכתית". מדענים, החושבים מערכתית, מסוגלים "לנוע" במחשבתם בין רמות הארגון – למעלה ולמטה. לעומתם, טירונים נוטים לרוב לחשוב ליניארית – רק ברמת ארגון מסוימת. בצורה זו הטירונים חושבים לרוב שיש גורם מרכזי אחד המפקח על מגוון תהליכים, בעוד המומחים מצליחים לראות תמונה בה קיימים תהליכים מרובים, ולכל אחד מהם תרומה מסוימת.

המחקר הביולוגי של ימינו, ששם דגש על יחסי הגומלין והקשר ההגיוני והרציף בין רמות הארגון השונות בביולוגיה מחייב יצירת קישורים בין רמות ארגון שונות, ומצריך את ההבנה שתהליכים שמתרחשים ברמת התא, למשל, משפיעים על רמות הארגון האחרות.

בחינה של תכנית הלימודים בביולוגיה מגלה כי נושאי לימוד ברמות ארגון שונות מופרדים בתוכנית הלימודים בפרקי זמן של חודשים או אפילו שנים. צורה זו של למידה יכולה להקשות על יצירת הקשרים בין רמות ארגון שונות ויכולה לגרום לשימור מידע כפיסות מנותקות, דבר שיכול ליצור רפרטואר רעיונות שאיננו קוהרנטי לגבי נושא מסוים.

מתוך הבנת החשיבות של הגישה המערכתית, החלטתי לפתח סביבת למידה, שמטרתה לאפשר יצירת חיבורים בין פיסות מידע – בין נושאי הליבה בביולוגיה ונושא ההעמקה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם", כמו גם יצירת הקשרים ביניהן. לדוגמה, בניסיון להבין את יחסי הגומלין בין חיידקי המעי לאדם, מתבקש ליצור הקשרים בין רמת המיקרו לרמת המאקרו, וכך אולי יצליחו התלמידים ליצור את ההקשרים הדרושים בין רמות הארגון במערכת.

כדי לבדוק את יכולת התלמידים ליצור הקשרים והאם חל שיפור ביכולת זו לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה, נשאלו שאלות המחקר הבאות:

1. מה הקשיים של מורי ביולוגיה בהוראת נושא ההעמקה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם"?
2. מה היכולת של תלמידי ביולוגיה בחטיבה העליונה לקשר בין נושאים שונים בתוכנית הלימודים בביולוגיה ברמות ארגון שונות?
3. כיצד תלמידים מתמודדים עם שאלות הדורשות יצירת הקשרים בין רמות ארגון שונות, תוך כדי לימוד בסביבת הלמידה?
4. האם שימוש בפעילויות בסביבת הלמידה מאפשר לתלמידים להסביר תופעות ביולוגיות תוך שימוש בכמה רמות ארגון?

על מנת לבחון את יכולת התלמידים לבצע קישורים, התבקשה קבוצה של 21 תלמידי יב' מתיכון במרכז הארץ לענות על שאלות הדורשות אינטגרציה של נושאים מפרקי ליבה שונים. תשובות התלמידים נותחו, ונבדק השימוש של התלמידים במושגים מפרקי הליבה השונים בעת המענה לשאלות. שנה לאחר מכן קבוצה של 51 תלמידי יב', מאותו בית ספר במרכז הארץ, ענתה על שלוש שאלות שונות, הדורשות גם הן

אינטגרציה, ולאחר מכן התנסתה בשתי פעילויות שנבנו בסביבת למידה מתוקשבת. אחרי התנסות זו, ענו התלמידים על שלוש השאלות שנשאלה קבוצת התלמידים הראשונה.

יכולתם של רוב התלמידים שהתנסו בסביבה לשלב נושאים ממספר פרקי ליבה שונים בעת מענה על שאלות הדורשות אינטגרציה בין נושאים מפרקי הליבה השונים השתפרה. היכולת של אחד התלמידים, אשר השתמש במושגים רבים יותר, לעשות אינטגרציה של מושגים בתשובותיו לשאלות המופיעות בסביבת הלמידה השתפרה, בהשוואה לתלמיד שהמעיט בשימוש במושגים בתשובותיו, ולא הצליח בהמשך לשפר את יכולתו לעשות אינטגרציה בין מושגים.

כמו כן, נבדק מהם הקשיים של המורים לביולוגיה בהוראת נושא ההעמקה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם". אוכלוסיית המחקר הייתה 171 מורים ומורות לביולוגיה, בעלי וותק הנע בין שנה אחת ל- 41 שנים. המורים מלמדים במגוון מגזרים: ממלכתי, ממלכתי-דתי, התיישבותי, ערבי, בדואי, דרוזי. היה חשוב לבדוק האם המורים עצמם מוצאים קושי בחיבור נושא ההעמקה לנושאי הליבה. אם המורה מתקשה ליצור את ההקשרים הנדרשים בין רמות הארגון השונות ובין פרקי הליבה, סביר שגם תלמידיו יתקשו לבצע חיבורים אלו. אולם, בדיקת תשובותיהם של 171 המורים, שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, הראתה כי המורים דווקא רואים נושא זה כנושא שקל לחבר אותו לנושאי הליבה האחרים, וזו הייתה אחת הסיבות בזכותן בחרו ללמד אותו. נתון זה הוא נתון חשוב, מאחר ואם למורים יש קושי ליצור הקשרים בין נושאי הליבה, לא סביר שהם ילמדו בצורה בה נושאים מרמות ארגון שונות ומפרקי ליבה שונים מקושרים זה עם זה. אם התלמידים לא נחשפים לצורת הראיה המערכתית הזו, הם עלולים להתקשות בזיהוי והתאמה של מושגים לרמת ארגון, וכך אולי יצליחו לקשר בין נושאים השייכים לאותה רמת ארגון (קוהרנטיות רוחבית), אך עלולים להתקשות ביצירת קוהרנטיות אנכית. רכישת שתי היכולות הללו מהווה חלק במודל התפתחות החשיבה המערכתית.

תוצאות המחקר הראו שיכולתם של תלמידים, שהתנסו ברצף הפעילויות המוצע בסביבת הלמידה המתוקשבת, להשתמש במונחים ממספר נושאי ליבה גדול מזה שהשתמשו בו לפני ההתנסות. כמו כן, מאחר ופרקי הליבה תחומים ברמות ארגון מוגדרות (תא- מולקולות, אברונים ותאים; גוף האדם- מרמת התא ועד רמת האורגניזם; אקולוגיה- מרמת האורגניזם ועד רמת ביוספירה), נמצא כי ככל שהתלמידים משתמשים ביותר מושגים בתשובותיהם, כך גדל הסיכוי שישתמשו במושגים השייכים לרמות ארגון שונות, דבר שיגדיל את השימוש במושגים השייכים לפרקי ליבה רבים יותר כאשר הם עונים על שאלות הדורשות אינטגרציה של נושאים.

לסיכום, שימוש ברצף ההוראה המוצע בסביבת הלמידה יכול לתרום לשיפור יכולתם של התלמידים ליצור קשרים בין נושאי הליבה השונים ובין רמות ארגון שונות, כאשר הם נשאלים שאלות הדורשות אינטגרציה בין נושאים אלו.

Abstract

Current biological research deals with solving complex problems, problems whose solution requires understanding and linking between several levels of organization. This link between multiple levels of organization is one of the components of "systems thinking". Scientists, who think systematically, are able to "move" in their minds between organizational levels - up and down. On the other hand, novices tend to think linearly - only at a certain organizational level. In this way novices often think that there is one central factor that governs a variety of processes, while the experts are able to see a picture in which there are multiple processes, each with a certain contribution. Today's biological research, which emphasizes the interaction and logical and continuous relationship between different levels of organization in biology, requires the formation of links between different levels of organization, and requires the understanding that cell-level processes, for example, affect other levels of organization within the organism.

Examination of the high school biology curriculum reveals that subjects of study at different organizational levels are separated in the curriculum at intervals of months or even years. This form of learning can make it difficult to create connections between different organizational levels and can result in the preservation of information as disconnected pieces, which can create a non-coherent repertoire of ideas on a given topic.

From the understanding the importance of the systems thinking approach, I decided to develop a learning environment, which aims to facilitate the creation of connections between pieces of information - between the core subjects in biology and the elective topic "bacteria and viruses in the human body". For example, in an attempt to understand the interaction between intestinal bacteria and humans, it is necessary to create connections between the micro level and the macro level, so that students may succeed in creating the necessary connections between the levels of the organization in the system.

In order to test students' ability to make connections and whether there was an improvement in this ability after learning the sequence of activities proposed in the e-learning environment, the following research questions were asked asked in this study:

1. What are the difficulties of biology teachers in teaching the elective topic "bacteria and viruses in the human body"?

2. What is the ability of high school biology students to link different subjects in the biology curriculum at different organizational levels?
3. How do students deal with questions that require connections between different organizational levels while learning using the learning environment that was developed in the course of this study?
4. Does the use of learning activities in the learning environment allow students to explain biological phenomena using several levels of organization?

In order to examine the students' ability to make links, a group of 21 12th graders from a high school in the center of the country was asked to answer questions requiring the integration of different core subjects. The students' answers were analyzed, and the students' use of the concepts from the various core subjects was examined when answering the questions. A year later, a group of 51 12th graders from the same school in the center of the country answered three different questions, which also required integration, and then experimented with two activities that were built in an e-learning environment. After this experiment, the students answered the three questions which was previously answered by the first group of students.

The ability of most of the students who have learned using the environment to integrate topics from several different core subjects when answering questions requiring integration between different core subjects has improved. The ability of one of the students, who used more concepts in his answers, to integrate concepts in his responses to questions in the learning environment improved, compared to a student who used a few concepts in his answers and was unable to improve his ability to integrate concepts. In addition, the difficulties faced by the biology teachers in teaching the elective topic "bacteria and viruses in the human body" was examined. The study population consisted of 171 biology teachers with a seniority between 1 and 41 years. The teachers teach in a variety of sectors: state, state-religious, settlement, Arab, Bedouin, Druze, etc. It was important to examine whether the teachers themselves found it difficult to relate issues from the elective topic and the core subjects. If the teacher finds it difficult to create the necessary connections between the different organizational levels and the core curriculum, it is likely that his students will find it difficult to make these connections themselves. However, an examination of the responses of the 171 teachers who chose to teach the elective topic "bacteria and viruses in the human body" in the previous school year, showed that the teachers actually see this as a topic that is easy to connect to the other core subjects, and this was one of the reasons they chose to teach

it. This is an important factor, because if teachers have difficulty in creating connections between the core subjects, they are unlikely to teach how subjects from different organizational levels and different core correlations are interconnected, and if students are not exposed to this system view, they may have difficulty identifying and matching concepts to the level of organization, and so perhaps they will be able to link subjects that belong to the same level of organization (horizontal coherence), but may have difficulty in creating vertical coherence, and the acquisition of these two capabilities is part of the model of the development of systemic thinking.

The results of this study show that students' ability to use terms from a number of core subjects that were greater than those used prior to the experiment was improved among those who learned using the sequence of activities proposed in the e-learning environment. In addition, since the core subjects are defined at specific levels of organization (the cell: molecules, organelles and cells; the human body: cell to organism levels; ecology: organism to biosphere levels), the more students use terms in their answers, the more likely they will use concepts that belong to different organizational levels, which will increase the use of concepts of more core subjects when answering questions that require integration of topics.

In summary, the use of the teaching sequence offered in the learning environment can contribute to improving students' ability to create connections between the various core subjects at different levels of organization, when questions that require integration of these topics are asked.

חשיבה מערכתית

המחקר הביולוגי העכשווי עוסק בפתרון בעיות מורכבות, בעיות שפתרוןן מחייב הבנה וקישור בין מספר רמות ארגון. קישור זה בין מספר רמות ארגון הוא אחד המרכיבים של "חשיבה מערכתית". מדענים, החושבים מערכתית, מסוגלים "לנוע" במחשבתם בין רמות הארגון – למעלה ולמטה. לעומתם, טירונים נוטים לרוב לחשוב ליניארית – רק ברמת ארגון מסוימת. בצורה זו הטירונים חושבים לרוב שיש גורם מרכזי אחד המפקח על מגוון תהליכים, בעוד המומחים מצליחים לראות תמונה בה קיימים תהליכים מרובים, ולכל אחד מהם תרומה מסוימת (Ben-Zvi Assaraf, Dodick, & Tripto, 2013). גם Knippels (2002) מדגישה את החשיבות ביצירת קישורים בין רמות הארגון השונות בביולוגיה, דרך התואמת את המחקר הביולוגי של ימינו, ששם דגש על יחסי הגומלין והקשר ההגיוני והרציף בין רמות הארגון השונות בביולוגיה.

פיתוח יכולת חשיבה מערכתית חשובה לצורך יצירת ידע ביולוגי מקושר וקוהרנטי, ויכולה לאפשר לתלמידים ליצור הבחנה וקישור בין רמות ארגון שונות בביולוגיה (Verhoff, Boersma, & Waarlo, 2008). כלומר, יכולת להבין שתהליכים שמתרחשים ברמת התא, למשל, משפיעים על רמות הארגון האחרות.

Ben-Zvi Assaraf & Orion (2005) מגדירים מערכת כ"ישות המתקיימת ופועלת כמכלול, הודות ליחסי גומלין בין רכיביה. קבוצת הרכיבים משפיעים, קשורים, או תלויים אלו באלו, בונים יחד יחידה תפקודית בעלת תכלית מסוימת. על מנת לבצע את המטרה באופן אופטימאלי, על כל רכיבי המערכת לפעול בתיאום. תיאום בין רכיבי המערכת מתקבל הודות למנגנוני משוב". מתוך ההגדרה ניתן להבין עוד יותר עד כמה חשובה ההבנה של יחסי הגומלין והתיאום הקיימים בין רכיבי מערכת שונים – תאום המאפשר את תפקודה של המערכת. כלומר, אם רוצים להבין לעומק מערכת נתונה מסוימת, רצוי להתייחס לכל יחסי הגומלין המתקיימים בין הרכיבים של אותה המערכת, ולא רק ליחסי גומלין בין רכיבים בודדים או להבנת תפקודם של רכיבים בודדים (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005), בדומה למצב בו אם רוצים להבין מעברי אנרגיה בין אורגניזמים בבית גידול מסוים, יש צורך להבין את כל מארג המזון ולא רק שרשראות מזון בודדות או פעילות של אורגניזמים בודדים.

מודלים להתפתחות חשיבה מערכתית

כאשר בוחנים מודלים קיימים המתארים התפתחות של חשיבה מערכתית אצל תלמידים, ניתן למצוא, בין היתר, שלושה מודלים: (1) המודל ההיררכי, שמציעים Ben-Zvi Assaraf & Orion (2005), הכולל בתוכו שמונה שלבים של התפתחות חשיבה מערכתית. מאחר והמיומנויות הקוגניטיביות שהושגו בכל שלב מהוות את הבסיס לפיתוח מיומנויות חשיבה מערכתית גבוהה יותר, ניתן לראות כי ככל שעולים בשלבים מספר התלמידים המחזיקים במיומנות החשיבה המערכתית המתאימה לשלב יורד; (2) מודל המתמקד בקשרים הסיבתיים המתקיימים בין מבנה המערכת, האינטראקציות בין רכיבי המערכת ותפקוד המערכת

Verhoff, Boersma & Waarlo על ידי (3) מודל שהוצע על ידי (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004); (2008), לפיו קיימים ארבעה מרכיבים בהתפתחות חשיבה מערכתית בבילוגיה של התא, כאשר הבסיס הוא היכולת להבחין בין רמות ארגון שונות ולהתאים מושגים ביולוגיים לרמות ארגון מסוימות, ולאחר מכן צריכה להיות לתלמידים יכולת לקשר בין מושגים באותה רמת ארגון (קוהרנטיות רוחבית) ויכולת ליצור קישורים בין מושגים ברמות ארגון שונות (קוהרנטיות אנכית). המרכיב הרביעי במודל הוא יכולת התלמיד לעבור בין מודל מופשט, למשל של תא, לתאים אמיתיים בהם ניתן לצפות דרך המיקרוסקופ. לפי שלושת המודלים האלו, בכדי לפתח חשיבה מערכתית, הלומד צריך להתקדם ברמות שונות של מיומנויות, כאשר הבסיס נמצא בזיהוי רכיבי המערכת והיחסים הבסיסיים ביניהם. אולם, כאשר בודקים כיצד תלמידים מסבירים תופעות ביולוגיות, רואים כי ההסברים מאופיינים בנתק ובלבול בין רמות ארגון שונות (Jördens, Asshoff, Kullmann, & Hammann, 2016). ידע מקוטע נוצר כאשר הלומד מתקשה לקשר בין פרטי הידע ולזהות את ההשפעה ההדדית הקיימת ביניהם (אלון, אלדר, ברגר, בגנו, & רונן, 2013).

בחינה של תכנית הלימודים בבילוגיה באנגליה מגלה כי נושאי לימוד ברמות ארגון שונות מופרדים בתוכנית הלימודים בפרקי זמן של חודשים או אפילו שנים (Lewis, Leach, & Wood-Robinson, 2000). תמונה דומה קיימת גם בתוכנית הלימודים בארץ (משרד החינוך, 2017). בנוסף, לעומת העיסוק הרב במבנה וברכיבים, כמעט ואין עיסוק ביחסי הגומלין ביניהם (Ben-Zvi Assaraf, Dodick, & Tripto, 2013) וכמעט ולא יוצרים, בעת ההוראה, קישורים מפורשים בין רמות הארגון השונות (Verhoff, Boersma, & Waarlo, 2008).

לפי הגישה הקונסטרוקטיביסטית, ידע מתפתח תוך קישור ידע חדש לידיע הקודם של הלומד, בתהליך הדרגתי של התפתחות מושגים. מכאן, ניתן להבין כיצד צורה זו של למידה יכולה להקשות על יצירת הקשרים בין רמות ארגון שונות ויכולה לגרום לשימור מידע כפיסות מנותקות, דבר שיכול ליצור רפרטואר רעיונות שאינו קוהרנטי לגבי נושא מסוים (Linn, Eylon, & Davis, 2004).

מאחר והתלמידים לרוב לא יוצרים קשרים בין רמות הארגון השונות, ניתן לשער שהם מתקשים לפתח חשיבה מערכתית, המתאימה לדרך החשיבה של "מומחים". כמו כן, תלמידים נוטים לשכוח את מה שלמדו כי הם, בדרך כלל, לומדים את הרעיונות בצורה מבודדת במקום לקשר ביניהם (Linn, Davis, Bell, & Eylon, 2004).

אם כך, בכדי שהלמידה תהיה יעילה, יש צורך לעורר ידע קיים אצל הלומד. משהופעל הידע על ידי הלומד, כאשר ייחשף למידע חדש, הקשור למידע שהופעל, הלומד יוכל לקשר טוב יותר בין הישן לחדש. בעזרת הקישור הזה יבנה הידע בצורה יעילה ומתמשכת, בעלת הקשרים נרחבים, ולא בצורה של פיסות מידע מנותקות (Schmidt, 2007).

תכנון סביבת למידה מתוקשבת

מתוך הבנת החשיבות של הגישה המערכתית החלטתי לפתח סביבת למידה, שמטרתה לאפשר יצירת חיבורים בין פיסות מידע – בין נושאי הליכה בבילוגיה ונושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם",

כמו גם יצירת הקשרים ביניהן. לדוגמה, בניסיון להבין את יחסי הגומלין בין חיידקי המעיים לאדם, מתבקש ליצור הקשרים בין רמת המיקרו לרמת המאקרו, וכך אולי יצליחו התלמידים ליצור את ההקשרים הדרושים בין רמות הארגון במערכת.

לפי Hmelo-Silver (2004) ניתן לפשט בעיות מורכבות, ולאפשר להגיע לפתרון שלהן בשלבים, באמצעות לימוד במעיין מעגל למידה, בו (1) מוצגת לתלמידים הבעיה, (2) התלמידים מזהים את העובדות, ועל סמך העובדות (3) מעלים היפותיזה לפתרון הבעיה. על מנת לבדוק האם ההיפותיזה נכונה, (4) התלמידים מזהים את ה"חורים" בידע הקיים אצלם, ובעזרת (5) לימוד עצמי ודיונים קבוצתיים רוכשים ידע חדש ובאמצעותו פותרים חלק מהבעיה. כעת, (6) בידי התלמידים עובדות חדשות, שיסייעו להם להעלות היפותזות נוספות שיסייעו להגיע לפתרון שלם של הבעיה שהוצגה בפניהם.

הרעיון בבסיס מעגל למידה זה שימש כבסיס לתכנון רצף הלמידה, המורכב משתי פעילויות הנמצאות בסביבה מתוקשבת. הפעילויות השונות תאפשרנה לתלמידים (1) להציף את הידע המוקדם שלהם, (2) ליצור קשרים בין פיסות מידע מקוטע, (3) לחזק את הקשר בין רמת המיקרו לרמת המאקרו בתפקוד האורגניזם, (4) לחזק את הקשר בין נושא ההעמקה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם" ונושאי הליכה. אמנם, סביבת עבודה מתוקשבת נתפסת עבור מורים רבים כהתרחקות משיטות ההוראה המסורתיות, אך שימוש בגישות הוראה שונות, כפי שניתן לבצע בעת תכנון סביבת למידה מתוקשבת, יכול להשפיע על תוצאות ותוצרי התלמידים (Slota, 2004).

לפי המודל לארגון ידע של Linn, Davis & Eylon (2004), סביבת הלמידה מתוכננת לאפשר לתלמידים לבצע אינטגרציה של ידע, המתבצעת באמצעות תהליך של הוספה, הבחנה, ארגון והערכת ידע של מצבים והפשטות.

תלמידים, על אף לימוד מקוטע של נושאים שונים בבילוגיה, יכולים לקשר בין רעיונות תוך התבססות על מאפיינים שטחיים או עקרוניות מדעיים. רשת זו של הקשרים לרוב אינה מספיקה (Linn, Eylon, & Davis, 2004), ויש להשתמש בדוגמאות מתוכננות היטב, שכוללות בתוכן גם אלמנטים של חקר וגם מגוון מייצג של הקשרים בין נושאים שונים על מנת לאפשר אינטגרציה של ידע (Linn, Davis, & Eylon, 2004). אלמנט חשוב נוסף בבניית הסביבה הוא קישור לחיי היום יום. לפי (Linn, Davis, & Eylon, 2004), רעיונות מתוחכמים יותר לא תמיד יהיו הטובים ביותר להדגמת רעיונות מדעיים, כי תלמידים לא תמיד מצליחים ליצור את ההקשרים בין עקרוניות מדעיים לחיי היום-יום שלהם. בצורה הזו נוצרת לרוב מעין הפרדה בין המדע של בית-הספר מהמדע היום-יומי (Linn, Davis, & Eylon, 2004). בהתאם לכך, בסביבת הלמידה הקפדתי להשתמש בדוגמאות הכוללות אלמנטים של חקר, המלווים במגוון הקשרים בין הנושאים השונים, וכן לקשרם לחיי היום-יום של התלמידים.

מטרות

שימוש בסביבת למידה מתוקשבת ללמידה והוראה, על מנת לאפשר לתלמידי בילוגיה בחטיבה העליונה ליצור הקשרים בין נושא ההעמקה בבילוגיה "חיידקים ונגיפים בגוף האדם" לשלושת נושאי הליכה

בביולוגיה. כתוצאה מלמידה באמצעות סביבת הלמידה אני משערת שהתלמידים יוכלו להסביר טוב יותר תופעות ביולוגיות ברמות ארגון שונות.

שאלות המחקר

1. מה הקשיים של מורי ביולוגיה בהוראת נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם"?
2. מה היכולת של תלמידי ביולוגיה בחטיבה העליונה לקשר בין נושאים שונים, הנלמדים כחלק מפרקי הליבה של תוכנית הלימודים בביולוגיה ברמות ארגון שונות?
3. כיצד תלמידים מתמודדים עם שאלות הדורשות יצירת הקשרים בין רמות ארגון שונות, תוך כדי לימוד בסביבת הלמידה?
4. האם שימוש בפעילויות בסביבת הלמידה מאפשר לתלמידים להסביר תופעות ביולוגיות תוך שימוש בכמה רמות ארגון?

מתודולוגיה

אוכלוסיית המחקר

עבור שאלת המחקר הראשונה, אוכלוסיית המחקר הייתה 171 מורים ומורות לביולוגיה, בעלי וותק הנע בין שנה אחת ל- 41 שנים. המורים מלמדים במגוון מגזרים: ממלכתי, ממלכתי-דתי, התיישבותי, ערבי, בדואי, דרוזי.

עבור שאלות המחקר השנייה, השלישית והרביעית, אוכלוסיית המחקר היתה שתי קבוצות של תלמידי מגמת ביולוגיה, הלומדים בבית ספר במרכז הארץ. בית הספר משלב בתוכו תלמידי פנימייה ותלמידי חוץ. קבוצה אחת, המונה 21 תלמידים, שנבחנו במאי 2017 בבחינת הבגרות העיונית בביולוגיה. קבוצת התלמידים השנייה מנתה 51 תלמידים, שנבחנו במאי 2018 בבחינת הבגרות העיונית בביולוגיה. לשתי קבוצות התלמידים בשנים 2017 ו- 2018 מאפיינים דומים, וממוצע ציוני הבגרות שלהם דומה.

בשאלת המחקר השלישית התמקדתי בניתוח הפעילויות של שני תלמידים, מתוך 51 התלמידים שביצעו את הפעילויות בספטמבר 2018: תלמיד מספר 20 ותלמיד מספר 22. תלמיד מספר 20 לומד 5 יחידות מתמטיקה, אך הישגיו נמוכים ברמת לימוד זו, ואילו תלמיד 22 לומד מתמטיקה ברמה של 4 יח"ל, והישגיו גבוהים ברמת למידה זו. שני התלמידים לומדים אנגלית ברמה של 5 יח"ל, והישגיהם דומים. תלמיד 22 לומד מגמה מדעית נוספת – כימיה. בביולוגיה ציוניו של תלמיד 22 מעט יותר גבוהים מציוניו של תלמיד 20. המורה מתארת את תלמיד 20 כתלמיד שמשקיע מאוד ומתאמץ, וככזה שחל אצלו שיפור משמעותי בהישגים מתחילת לימודיו במגמה. הישגיו של תלמיד 22 בביולוגיה, לפי דיווח המורה המלמדת אותו, דומים לאורך השנים.

שאלונים

בכדי לענות על שאלת המחקר הראשונה, חובר שאלון שהופנה אל מורי הביולוגיה ($n \approx 2,000$). את השאלון ניתן לראות [בנספח 6](https://goo.gl/forms/SK1WTSsajvcd9A722) ובקישור הבא: <https://goo.gl/forms/SK1WTSsajvcd9A722>

בכדי לענות על שאלת המחקר השנייה, בחרתי 6 שאלות מתוך בחינות הבגרות שניתנו בשנים 2005-2010, הממוספרות בעבודה במספרים 1-6. שאלות אלו ניתנו קודם כל למורים ($n=7$), שהתבקשו לחוות את דעתם עד כמה כל אחת מהשאלות אינטגרטיבית ([שאלון תיקוף מורים](#)), באמצעות מתן ניקוד לכל שאלה, הנע בין 1 ל-4. המשמעות של ניקוד 1 היא שלדעת המורה השאלה לא אינטגרטיבית בכלל, וניקוד 4 משמעו שהמורה חושב שהשאלה מאוד אינטגרטיבית (ראו [ממצאי תיקוף המורים בנספח 5](#)). עבור כל שאלה חושב הניקוד הממוצע שנתנו המורים, והשאלות חולקו בין שני שאלונים (1, 2) כך שבכל שאלון היו שלוש שאלות בעלות ניקוד ממוצע דומה. מענה על שאלות אלו דורש ידע בנושאים משלושת נושאי הליבה בביולוגיה (משרד החינוך, 2017): גוף האדם בדגש הומאוסטזיס, התא – מבנה ופעילות ואקולוגיה, כמו כן נדרשת יכולת קישור בין שלושת הנושאים בכדי לענות תשובה מלאה. כל שאלה בשאלון מורכבת משני חלקים – חלק ראשון, בו מתבקשים התלמידים לענות תשובה מילולית על השאלה (ראו את תוכן של השאלות [בנספח 1](#)), וחלק שני, בו מתבקשים התלמידים לבחור, באמצעות סימון, איזה נושאים, מתוך פרקי הליבה, נדרשים בכדי לענות תשובה מלאה על השאלה.

על שאלון 1 ענו, בספטמבר 2017 21 תלמידי י"ב, הלומדים בבית ספר תיכון במרכז הארץ, ובו לומדים ביחד תלמידי פנימייה ותלמידי חוץ, ובספטמבר 2018, 51 תלמידי כיתה י"ב הלומדים באותו בית ספר ענו על שני השאלונים – תחילה על שאלון 2, ולאחר ההתנסות בסביבת הלמידה ענו על שאלון 1 (ראו טבלה 1). תלמידים אלו נבחנו במאי 2017 ובמאי 2018, בהתאמה, בבחינת הבגרות העיונית בביולוגיה. ממוצע ציוני הבגרות עבור שתי הקבוצות היה דומה.

טבלה 1: סיכום זמני המענה של התלמידים על השאלונים השונים:

שאלון	ספטמבר 2017	ספטמבר 2018
1	לפני התנסות בסביבת למידה	אחרי התנסות בסביבת הלמידה
2	-	לפני ההתנסות בסביבת הלמידה

לכל אחת מהשאלות נכתבה, בעזרת תשובות המורים לשאלון התיקוף, תשובה, ובה הודגשו נושאים מפרקי הליבה השונים. התשובות של התלמידים נבדקו בהתאם למחווה זו. תשובות לא מדויקות או לא נכונות נבחנו על פי המושגים בהם השתמשו התלמידים, והתאמתם של מושגים אלו לתכני הליבה השונים. כדי לבדוק את הקישורים שעושים התלמידים, בדקתי מה ענה כל תלמיד בחלק המילולי של השאלה, וניתחתי את התשובה, בחיפוש אחרי מושגים הנלמדים בפרקי הליבה השונים. סיווגתי את הנושאים לפי פרקי הליבה בהם הם מופיעים, ובדקתי, עבור כל תלמיד ועבור כל שאלה, האם המושגים בהם השתמשו

התלמידים נלקחו מנושא ליבה אחד, שניים או משלושתם. דוגמאות לדרך בה בוצע ניתוח התשובות נמצאות [בנספח 1](#).

סביבת הלמידה

לאחר שריכזתי את כל תשובות התלמידים לפי השימוש בפרקי הליבה, עבור כל שאלה, סכמתי עבור כל שאלה כמה תלמידים השתמשו בנושאים מתוך פרק ליבה אחד בלבד (לא משנה איזה פרק) כמה השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה וכמה תלמידים ענו על השאלה בהתייחסם לנושאים מתוך שלושת פרקי הליבה. לבסוף סכמתי עבור כל שאלון כמה תלמידים השתמשו בנושאים מתוך פרק ליבה אחד בכדי לענות על שלוש השאלות המופיעות בשאלון, כמה הצליחו לשלב נושאים משני פרקי ליבה וכמה תלמידים שילבו נושאים מתוך שלושת נושאי הליבה.

מדד נוסף בו השתמשתי בכדי לבצע השוואה בין קבוצות התלמידים השונות הוא מתן ניקוד לכל תלמיד על פי מידת השימוש בנושאים מפרקי ליבה שונים. תשובה בה השתמש התלמיד במושגים מנושא ליבה אחד קיבלה נקודה אחת, תשובה בה היה שימוש במושגים משני נושאי ליבה קיבלה 2 נקודות, ותשובה בה היה שימוש במושגים משלושת נושאי הליבה קיבלה 3 נקודות. תלמידים שענו על שלוש השאלות, יכלו לקבל ציון שנע בין 3 נקודות ל- 9 נקודות. לאחר שהיו לי הציונים של כל התלמידים, חישבתי את ממוצע הציון שקיבלו התלמידים בכל קבוצה. בנוסף, ביצעתי מבחן סטטיסטי T בכדי לראות האם קיים הבדל בין הממוצעים של הקבוצות הנבחנות. המובהקות נקבעה לפי ערך p (המצביע על רמת המובהקות) קטן מ- 0.05.

כדי לענות על שאלת המחקר הרביעית, קבוצת התלמידים שענתה על השאלונים בשנת 2018 ענתה תחילה על שאלון 2 (שאלון pre, שאלות 4-6), ולאחר ההתנסות בפעילויות המצויות בסביבת הלמידה, ענו התלמידים על שאלון 1 (שאלון post, שאלות 1-3). ניתוח הממצאים נעשה כפי שתואר בשאלת המחקר השנייה.

כדי לאפשר לתלמידים למידה והתנסות ביצירת הקשרים בין רמות ארגון בביולוגיה, פיתחתי סביבת למידה מתוקשבת הכוללת שתי פעילויות מרכזיות, אחת בנושא מחלת הכולרה, והשנייה בנושא מחלת סיסטיק פיברוזיס. כל פעילות כוללת בתוכה שאלות מסוגים שונים. הסביבה נבנתה בהתאם לעקרונות המודל לארגון ידע של Linn, Davis & Eylon (2004), ותוכננה כך שתוכל לאפשר לתלמידים לבצע אינטגרציה של ידע.

ניתן לראות את הסביבה בשלמותה בקישור הזה:

<https://st-moodle.weizmann.ac.il/course/view.php?id=637>

ואת השאלות שנשאלו בה [בנספח 2](#).

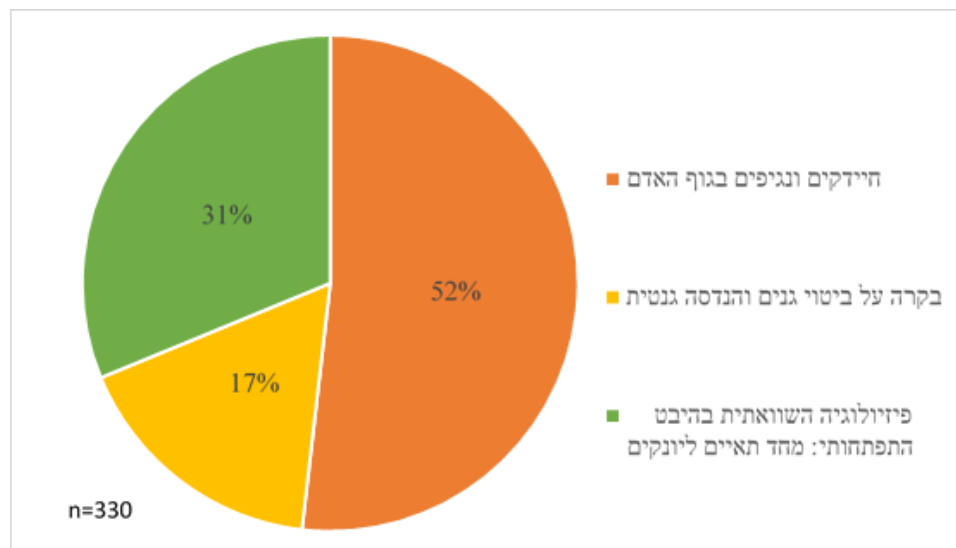
בכדי לענות על שאלת המחקר השלישית, נבחרו 9 שאלות מתוך שתי הפעילויות שביצעו התלמידים בספטמבר 2018 (7 שאלות מתוך פעילות הכולרה, ושתי שאלות מתוך הפעילות 'סיסטיק פיברוזיס'). השאלות, והתשובות המצופות, מוצגות בהמשך, [בנספח 2](#). התשובות שענה כל תלמיד נותחו בשני היבטים: כמות המושגים בהם השתמש התלמיד, ושיוך המושגים לרמות ארגון שונות ו/או לפרקי הליבה השונים. לאחר בדיקת ציוני התלמידים לשאלוני ה- pre (שאלון 2) וה- post (שאלון 1), נבחרו שני תלמידים, בעזרתם יוצג הניתוח ויוסקו המסקנות. שני התלמידים שנבחרו היו: תלמיד מספר 20, אצלו לא היה שינוי בין הציון שקיבל בשאלון שביצע לפני ההתנסות בסביבת הלמידה (שאלון pre), לבין השאלון שביצע לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה (שאלון post). בשני השאלונים קיבל התלמיד את הציון 4. התלמיד השני, תלמיד מספר 22, קיבל בשאלון המקדים את הציון 5, ובשאלון שביצע לאחר ההתנסות בסביבה, עלה הציון שקיבל ל- 9, שהוא הציון המקסימלי.

תוצאות

חלק א' – ניתוח שאלוני המורים

בחלק זה מוצגות התוצאות עבור שאלת המחקר הראשונה: מה הקשיים של מורי ביולוגיה בהוראת נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם"?

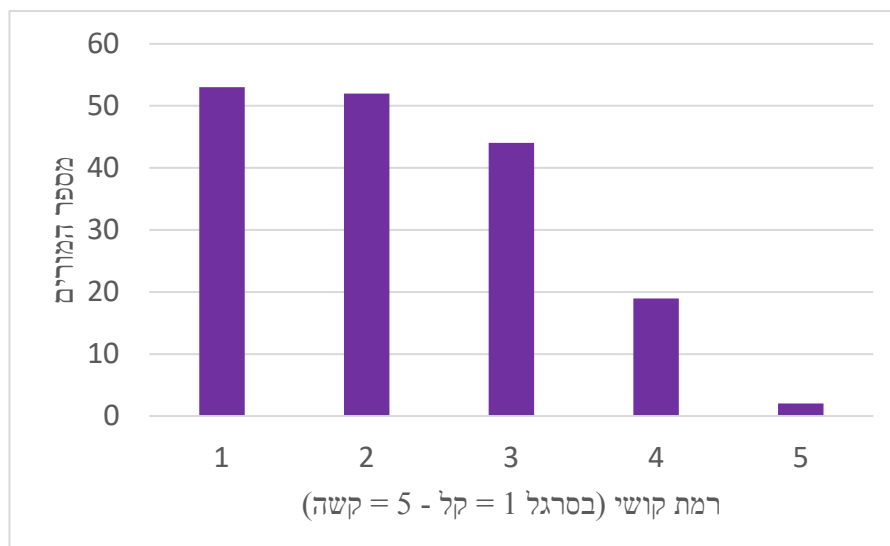
במטרה לענות על שאלת המחקר הראשונה, נשלח בקיץ 2017 [שאלון](#) אל כלל מורי הביולוגיה ($n \approx 2,000$), ומתוך 330 מגיבים, 51.8% (171) מהמורים בחרו ללמד בשנת הלימודים תשע"ז את נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם" (ראו איור 1).



איור 1: התפלגות בחירת נושאי ההעמקה שבחרו מורי ביולוגיה ללמד בשנת הלימודים תשע"ז. N=330.

כאשר התבקשו המורים, שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, לדרג את הקושי לחבר את תכני נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם" אל נושאי הליבה

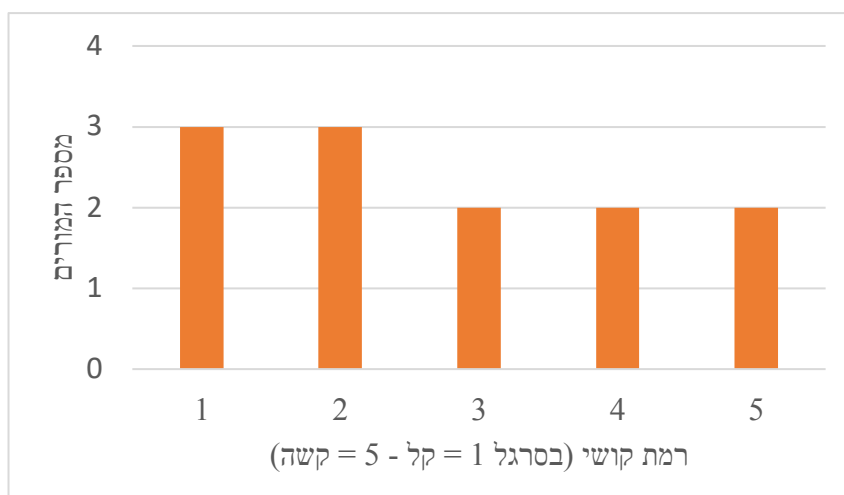
(לפי סולם של 5, כאשר: 1- קל, 5- קשה) כ- 60% (n=105) ציינו שאין קושי ביצירת החיבורים (דרגו את הקושי בסולם במספר 1 או 2), ורק כ- 12% (n=21) ציינו כי קיים קושי (דרגו את הקושי בסולם במספר 4 או 5) (ראו איור 2).



איור 2: התפלגות דרוג רמת הקושי של מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז לקשר אותו אל נושאי הליבה, לפי סרגל 1=קל – 5=קשה. n=170.

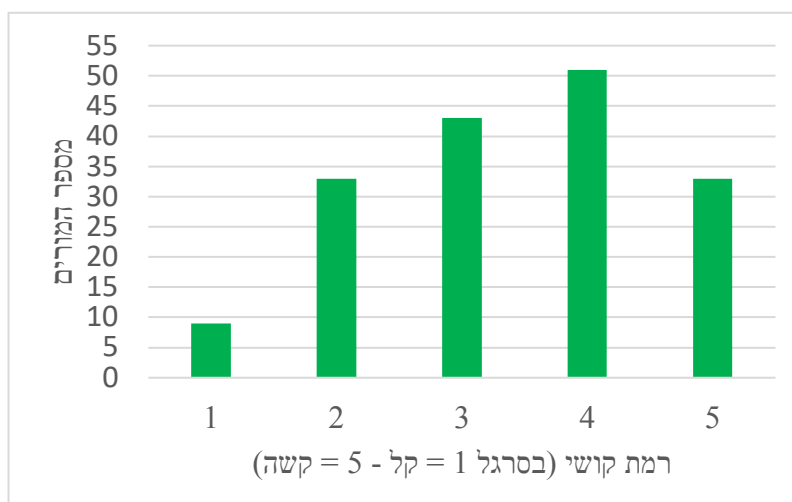
ואכן, 100 מורים (30% מהמגיבים) ציינו שהם בחרו ללמד נושא העמקה זה בגלל שהוא חופף לנושאים אחרים, ולכן הוא "חוסך זמן" ו"מקל", ו-96 מורים (29.1% מהמגיבים) ציינו שהנושא מתקשר היטב לנושאי הליבה. בין המורים שהתקשו עלו טענות כמו: "הקושי המרכזי הוא העובדה שנושא זה כמעט ולא מסתמך על תכנים שנמצאים בנושאי הליבה"; "לשלב אותו ברצף של תכנית הלימודים. בעולם "הישן" הייתי מלמדת אותו בנושא נפרד, עכשיו עולה השאלה היכן לשלב אותו - האם לנושא התא שעוסק בתאים אאוקריוטים ופרוקריוטיים או בנושא האקולוגיה, שעוסק במפרקים ומחזורי חומרים בטבע? או אחרי או בתוך מערכת החיסון".

ניתן לראות (ראו איור 3) תמונה מעט שונה בקרב מורים שלימדו את נושא ההעמקה "חיידיקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, ובחרו שלא ללמד אותו בשנת הלימודים תשע"ז. אמנם היו מעט מורים כאלו (n=12), אך שליש מהם (n=4) העידו כי החיבור היה להם קשה.



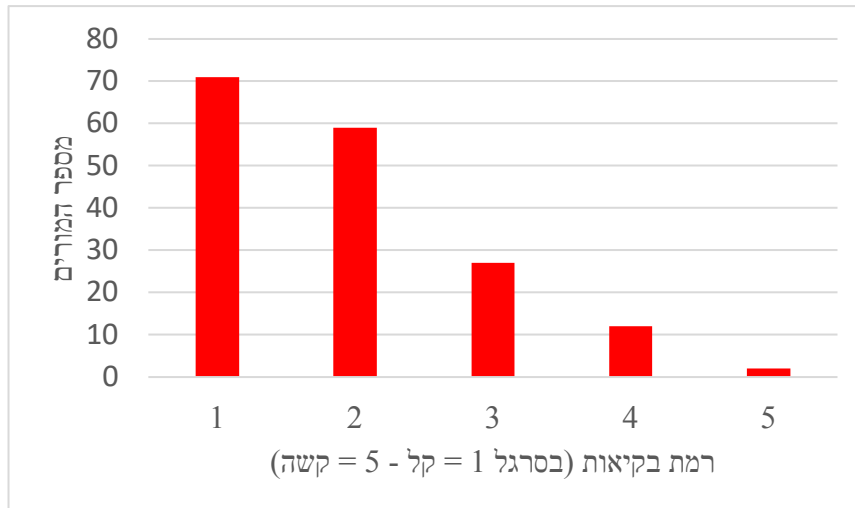
איור 3: התפלגות דרוג רמת הקושי של מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ו, אך לא ללמד נושא זה בשנת הלימודים תשע"ז, לקשר נושא זה אל נושאי הליבה לפי סרגל 1=קל - 5=קשה. n=12.

כ- 50% מהמורים (n=84) הצביעו על קושי רב (דרגו את הקושי בסולם במספר 4 או 5) בשילוב פעילויות מעשיות דוגמת מעבדות, מעבדות וירטואליות או סיורים בעת הוראת נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" (ראו איור 4).

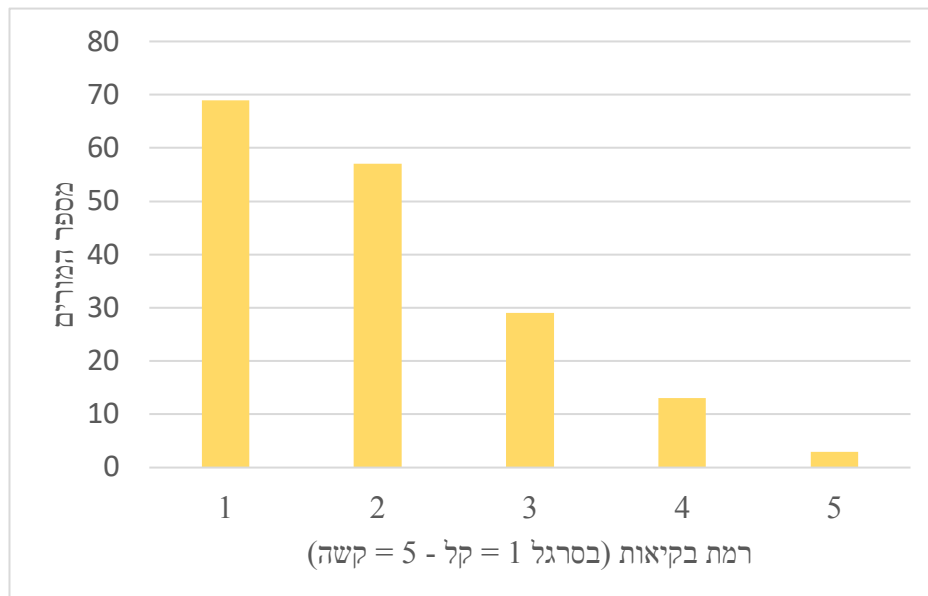


איור 4: התפלגות דרוג רמת הקושי של מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, לשלב פעילויות מעשיות בהוראת הנושא (סיור/מעבדה/מעבדה וירטואלית) אל נושאי הליבה, לפי סרגל 1=קל - 5=קשה. n=169.

המורים מרגישים כי הם בקיאים בחומרי הלימוד (80%, n=130, דרגו את הקושי בסולם במספר 1 או 2) (ראו איור 5) ומסוגלים לתכנן רצפי הוראה (כ- 74%, n=126, דרגו את הקושי בסולם במספר 1 או 2) (ראו איור 6), אך רבים מהם טענו כי העדרם של חומרי הוראה וספר עדכני לתלמידים מהווים קושי מהותי.



איור 5: התפלגות דרוג הרגשת הבקיאות של מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, בתכני הלימוד, לפי סרגל 1=קל - 5=קשה. n=171.



איור 6: התפלגות דרוג רמת הקושי של מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, לתכני רצפי הוראה, לפי סרגל 1=קל - 5=קשה. n=171.

חלק ב' – יכולת תלמידי מגמת ביולוגיה לענות על שאלות הדורשות קישור בין נושאים מפרקי ליבה שונים

בפרק זה נבחנת שאלת המחקר השנייה: מה היכולת של תלמידי ביולוגיה בחטיבה העליונה לקשר בין נושאים שונים בתוכנית הלימודים בביולוגיה ברמות ארגון שונות?

בכדי לענות על שאלת המחקר השנייה, נותחו שאלונים של שתי קבוצות שונות. קבוצה אחת ענתה בספטמבר 2017 על שאלון 1, והקבוצה השנייה ענתה בספטמבר 2018 על שאלון 2. כל שאלון הכיל 3

שאלות שונות (שאלון 1: שאלות 1-3; שאלון 2: שאלות 4-6), הדורשות אינטגרציה ברמה שונה, כפי שדורגו בעזרתם של 7 מורים שענו על שאלון תיקוף (ראו נספח 5).

בהתחלה נבדק אופן המענה של התלמידים על כל אחת מהשאלות – תוך שימוש בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משילוב נושאים משלושת פרקי הליבה. מאחר וגודל הקבוצות לא היה שווה, לצורך השוואה הנתונים מוצגים באחוזים. התוצאות מוצגות בטבלה 2 ובאיור 7.

טבלה 2: התפלגות באחוזים של תשובות התלמידים לכל שאלה, לפי השימוש בנושאים מתוך הליבה השונים, בשנים 2017 ו-2018.

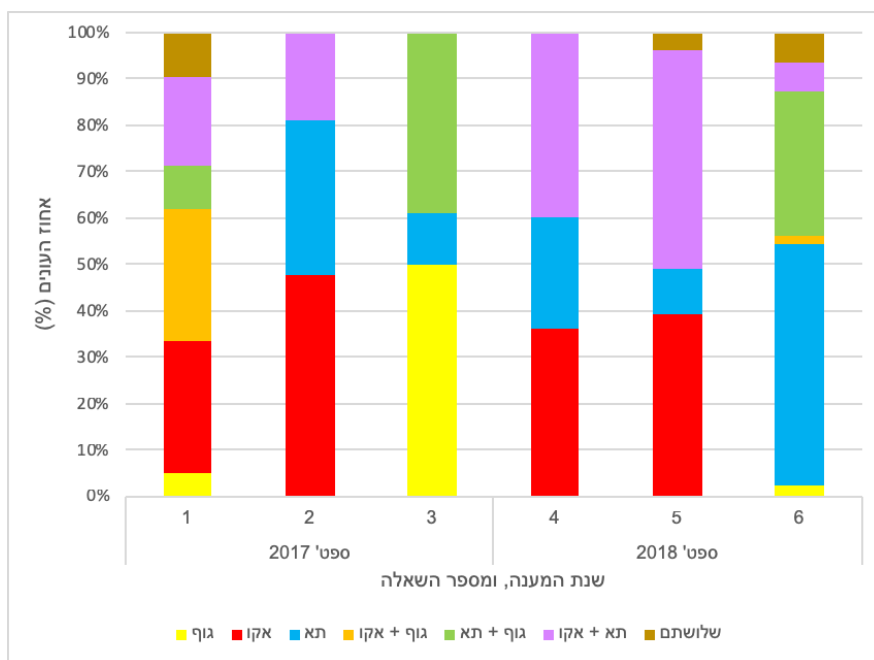
שאלון 2: ספט' 2018			שאלון 1: ספט' 2017			שאלה פרק הליבה המופיעים בתשובה
6	5	4	3	2	1	
2.08	0.00	0.00	50.00	0.00	4.76	גוף*
0.00	39.22	36.00	0.00	47.62	28.57	אקו**
52.08	9.80	24.00	11.11	33.33	0.00	תא***
2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	28.57	גוף + אקו
31.25	0.00	0.00	38.89	0.00	9.52	גוף + תא
6.25	47.06	40.00	0.00	19.05	19.05	תא + אקו
6.25	3.92	0.00	0.00	0.00	9.52	שלושתם
100	100	100	100	100	100	סה"כ (%)

עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018, n=51.

* גוף = פרק הליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס

** אקו = פרק הליבה: אקולוגיה

*** תא = פרק הליבה: התא – מבנה ופעילות.



איור 7: התפלגות תשובות התלמידים לכל שאלה, לפי נושאי הליבה השונים, בשנים 2017 ו-2018. עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018 n=51.

ניתן לראות כי בשני השאלונים השימוש בנושאים משלושת פרקי הליבה, בכדי לענות על שאלות הוא נמוך: מבין התלמידים שענו על שאלון 1 (בספטמבר 2017), תלמידים שהשתמשו בנושאים משלושת פרקי הליבה רק במענה לשאלה הראשונה מהווים רק 9.5% מהעונים על שאלה זו. מבין התלמידים שענו על שאלון 2 (בספטמבר 2018), רואים שיש מענה תוך שימוש בנושאים משלושת פרקי הליבה על השאלות השנייה והשלישית בשאלון, כאשר בשאלה השנייה אחוז התלמידים שענה בצורה זו היה 3.9%, ובשאלה השלישית תלמידים אלו היוו 6.25% מהעונים על השאלה.

בהסתכלות על פרקי הליבה לפיהם בחרו התלמידים לענות, על השאלה הראשונה בשאלון שניתן ב-2017 ענו מעט תלמידים (4.8%) באמצעות נושאים הקשורים לפרק 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס' בלבד ו-28.7% מהעונים השתמשו בנושאים הקשורים רק לפרק הליבה 'אקולוגיה'. 28.6% מהעונים השתמשו במושגים משני פרקי הליבה הללו בכדי לענות על שאלה זו. לא היו תלמידים שענו על שאלה זו באמצעות שימוש במושגים הקשורים לפרק התא בלבד, וניתן לראות שהמענה אפשר להם לשלב בין נושאים מפרק הליבה התא לבין נושאים מפרק הליבה גוף האדם בדגש הומאוסטזיס (9.5%) או בין נושאים מפרק הליבה התא לבין נושאים מפרק הליבה אקולוגיה (19%).

כמעט מחצית (47.6%) מהתלמידים שענו על השאלה השנייה בשאלון זה השתמשו בנושאים הקשורים לפרק הליבה אקולוגיה בלבד, ושליש מהעונים (33.3%) השתמשו רק בנושאים השייכים לפרק הליבה 'התא'. יתרת העונים (19%) שילבו בתשובתם נושאים משני פרקי הליבה הללו.

מחצית מהתלמידים שענו על השאלה השלישית (50%) השתמשו בנושאים השייכים לפרק הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס', 11.11% השתמשו בנושאים השייכים לפרק הליבה התא, ויתרת התלמידים (38.89%) השתמשו בנושאים משני פרקי הליבה: תא וגוף האדם בדגש הומאוסטזיס.

על שאלה מספר 4 (השאלה הראשונה בשאלון 2) ענו 36% מהתלמידים באמצעות נושאים הקשורים לנושא הליבה אקולוגיה, 24% מהתלמידים ענו באמצעות נושאים הקשורים לנושא הליבה 'התא' וארבעים האחוזים הנותרים ענו באמצעות שילוב של מושגים משני נושאי הליבה הללו.

על שאלה מספר 5 (השאלה השנייה בשאלון 2) ענו 39.22% מהתלמידים באמצעות נושאים הקשורים לפרק הליבה 'אקולוגיה' ו- 9.8% השתמשו בנושאים השייכים לפרק הליבה 'התא'. 47.06% השתמשו בנושאים משני פרקי הליבה הללו, ו- 3.92% השתמשו בנושאים משלושת פרקי הליבה.

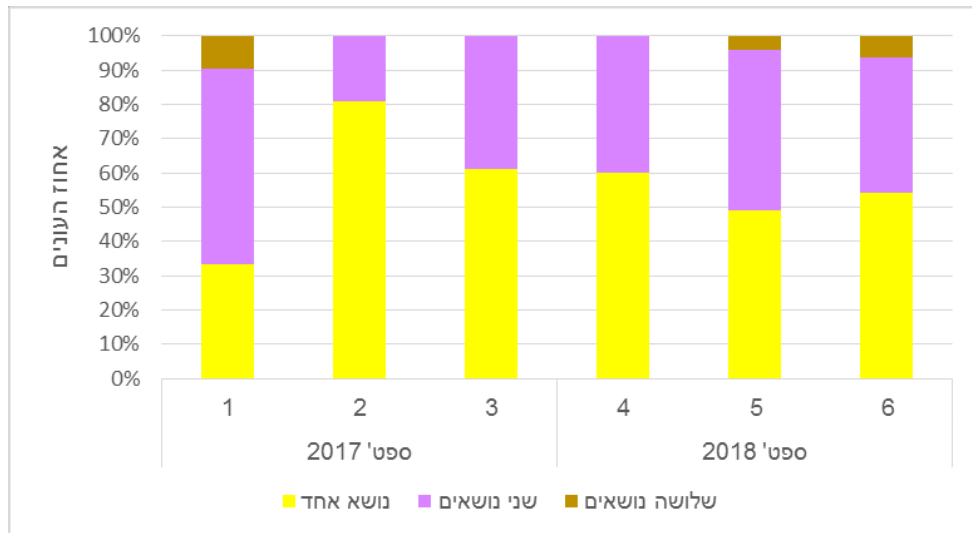
על שאלה מספר 6 (השאלה השלישית בשאלון 2) ענו בעזרת נושאים מתוך פרק הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס', כמחצית מהתלמידים (52.08% השתמשו בנושאים הקשורים לפרק הליבה 'התא'). 2.08% שילבו נושאים מפרקי הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס' ו'אקולוגיה', לעומת 31.25% ששילבו נושאים מפרקי הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס' ו'התא'. 6.25% מהתלמידים שילבו בין נושאים מפרקי הליבה 'התא' ו'אקולוגיה', ואחוז זה (6.25%) השתמשו בשילוב נושאים מתוך שלושת נושאי הליבה.

כדי לקבל מבט כללי יותר על אופן מענה התלמידים, נבדק עבור כל שאלה אחוז התלמידים שענו באמצעות שימוש בנושאים השייכים לנושא ליבה אחד, שילוב של מושגים משני נושאי ליבה או שילוב של מושגים משלושת נושאי הליבה. ניתוח זה לא מבחין בין נושאי הליבה אליהם שייכים המושגים בהם השתמשו התלמידים, כפי שניתן לראות בטבלה 3 ובאיור 8.

טבלה 3: התפלגות תשובות התלמידים, באחוזים, לכל שאלה, לפי השימוש בנושא אחד מתוך פרקי הליבה, שני נושאים או שלושה נושאים, בשנים 2017 ו- 2018.

שאלה	שאלון 1: ספט' 2017			שאלון 2: ספט' 2018		
	1	2	3	4	5	6
נושא אחד	33.33	80.95	61.11	60.00	49.02	54.17
שני נושאים	57.14	19.05	38.89	40.00	47.06	39.58
שלושה נושאים	9.52	0.00	0.00	0.00	3.92	6.25
סה"כ (%)	100	100	100	100	100	100

עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018, n=51.



איור 8: התפלגות תשובות התלמידים לכל שאלה, לפי השימוש בנושא אחד מתוך פרקי הליבה, שני נושאים או שלושה נושאים, בשנים 2017 ו-2018. עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018, n=51.

גרף זה מאפשר הסתכלות על הדרך בה ענו התלמידים, מבלי להתחשב בנושא הליבה אליו שייכים המושגים בהם השתמשו. ניתן לראות כי עבור שאלה 1 (שאלה ראשונה, 2017), שליש מהתלמידים (33.3%) ענו תוך התייחסות לנושא ליבה אחד, מעל מחצית מהתלמידים (57.14%) השתמשו בנושאים הקשורים לשני נושאי ליבה, ורק 9.52% השתמשו בנושאים משלושת נושאי הליבה.

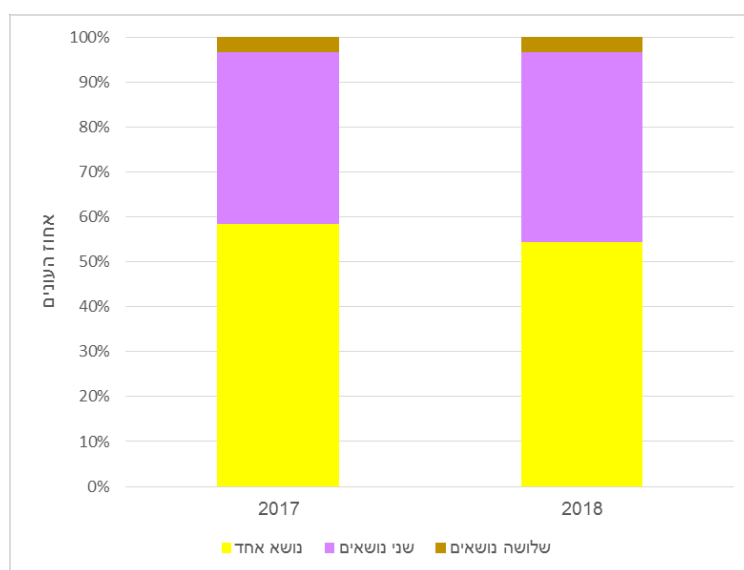
בשאר השאלות שבשני השאלונים, רואים שימוש נרחב יותר במושגים מנושא ליבה אחד בלבד, ושימוש מועט יותר במושגים משני נושאי ליבה או שלושה. כך שבשאלה 2 (שאלה שנייה, 2017), 80.95% מהעונים השתמשו בנושאים מפרק ליבה אחד, ויתר התלמידים (19.05%) השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה. בשאלות השלישית והרביעית (שאלה שלישית, 2017 ושאלה ראשונה, 2018) רואים חלוקה די דומה, בה כ-60% מהתלמידים השתמשו בנושאים השייכים לפרק ליבה אחד בשביל לענות על השאלה וכ-40% השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה. על השאלה החמישית (שאלה שנייה, 2018) ענו כמחצית מהתלמידים (49.02%) בעזרת נושאים מפרק ליבה אחד, 47.06% השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה, ויתרת התלמידים (3.92%) השתמשו בנושאים משלושת נושאי הליבה. על השאלה השישית (שאלה שלישית, 2018), יותר ממחצית מהתלמידים (54.17%) ענו בעזרת נושאים מפרק ליבה אחד, 39.58% השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה ו-6.25% ענו בעזרת נושאים משלושת פרקי הליבה.

עיבוד נוסף של התוצאות, שיאפשר השוואה נוחה יותר בין התלמידים של שתי הקבוצות שנבדקו, קיבץ את שלוש השאלות של כל שאלון, וכעת ניתן לראות את אחוז התלמידים שהשתמשו במענה לשלוש השאלות בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משלושת פרקי הליבה, כפי שמוצג בטבלה 4 ובאיור 9.

טבלה 4: אחוז התלמידים שהשתמשו במענה לשלוש השאלות בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משלושת פרקי הליבה, בשנים 2017 ו-2018, לפני התנסות בסביבת למידה

שאלון 1: 2017	שאלון 2: 2018	
58.33	54.36	נושא אחד
38.33	42.28	שני נושאים
3.33	3.36	שלושה נושאים
100	100	סה"כ (%)

עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018 n=51.



איור 9: סיכום התפלגות השימוש בנושאים מתוך פרקי הליבה, לכל שלוש השאלות יחד, בשנים 2017 (שאלון 1) ו-2018 (שאלון 2). עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018 n=51.

ניתן לראות כי למרות שבכל שנה ענו התלמידים על שאלון שונה, יש דמיון בשימוש בנושאים ממספר נושאי הליבה בשתי הקבוצות הנחקרות. כאשר משווים בין קבוצת התלמידים שענו על השאלון ב-2017 לבין קבוצת התלמידים שענו על השאלון ב-2018, רואים כי יותר ממחצית מהתלמידים (58.33% ו-54.36%, בהתאמה) ענו על השאלות באמצעות נושאים מפרק ליבה אחד. כארבעים אחוזים מהתלמידים (38.33% ו-42.28%, בהתאמה) השתמשו בנושאים משני פרקי ליבה, ורק כשלושה אחוזים בלבד (3.33% ו-3.36%, בהתאמה) השתמשו בנושאים מתוך שלושת נושאי הליבה.

ניתן לראות (טבלה 4, איור 9) כי התלמידים אכן משתמשים לרוב בנושאים השייכים לפרק ליבה אחד, אך הם מרבים גם לשלב נושאים השייכים לשני פרקי ליבה שונים. שילוב של נושאים משלושת פרקי ליבה יותר קשה למצוא. בנוסף, כאשר מסתכלים על איור 9, ניתן לראות שאין הבדל בדרך המענה של התלמידים

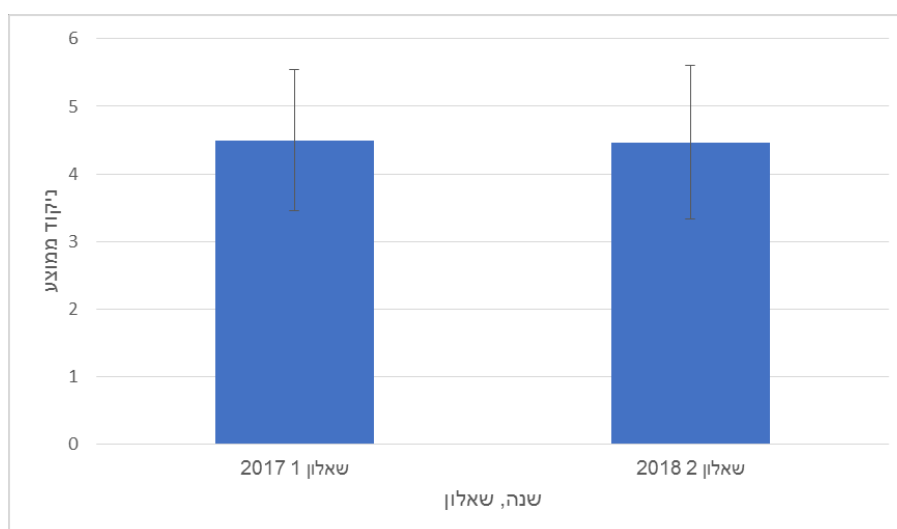
על שני השאלונים. תוצאות אלו מחזקות את ההשערה כי חלוקת שש השאלות לשני השאלונים השונים הייתה מאוזנת, וכי, ככל הנראה, לא היה שאלון אחד שהכיל שאלות המאפשרות אינטגרציה רבה יותר בין נושאי הליבה.

כדי שניתן יהיה לבחון את ההבדלים האלו בצורה סטטיסטית, ניתן ניקוד לכל שאלה, בהתאם למספר נושאי הליבה שהופיעו בתשובה לה. כל תלמיד קיבל ציון שמתבסס על סכום הניקוד של שלוש השאלות (ראו [נספח 4](#)). חושב הממוצע של ציוני התלמידים (ראו טבלה 5 ואיור 10), ובוצע מבחן סטטיסטי T בכדי לראות האם קיים הבדל בין ציוני שתי הקבוצות.

טבלה 5: ממוצע ניקוד התלמידים על שלוש השאלות:

	שאלון 1: 2017	שאלון 2: 2018
ממוצע	4.5	4.47
סטיית תקן	1.04	1.14

עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018 n=51.



איור 10: ממוצע ניקוד תלמידים, משתי קבוצות שונות, שענו על שאלונים שונים בספטמבר 2017 (שאלון 1) ובספטמבר 2018 (שאלון 2). עבור ספטמבר 2017, n=21; עבור ספטמבר 2018 n=51.

שתי הקבוצות אמנם ענו על שאלונים שונים, אך שתי הקבוצות ענו על השאלונים לפני שהתנסו בסביבת הלמידה. ניתן לראות כי ממוצע הניקוד של שתי הקבוצות דומה מאוד. מבחן סטטיסטי T, עבור $\alpha=0.05$, הראה כי אין הבדל מובהק בין התוצאות.

בהשוואה בין שתי הקבוצות נמצאו נתונים דומים (איור 10), שגם מבחן T הראה כי אין הבדל מובהק ביניהם. כלומר, העובדה שהתלמידים ענו על שאלות שונות לא השפיעה על היכולת שלהם לשלב בין נושאים מפרקי ליבה שונים, ונראה כי רמת האינטגרציה הנדרשת למענה על השאלות היא דומה בין שני השאלונים.

בנסיון להבין היכן הקשיים של התלמידים, ניתן לבחון כל שאלה בנפרד (טבלה 2, איור 7), ולראות באיזה נושאים השתמשו התלמידים למענה על השאלה.

שאלה 1 (שאלה 1-2017):

שאלה זו איפשרה כנראה יותר אינטגרציה של נושאים, כפי שניתן לראות באיור 1 ובאיור 2. להערכתנו, מאחר ונושא השאלה הוא פרות והזנה של פרות, הרבה מהתלמידים השתמשו בנושאים הקשורים לפרק הליבה אקולוגיה – חלק מהתלמידים השתמשו רק בנושאים מפרק ליבה זה, ואחרים שילבו גם נושאים הקשורים לגוף האדם ולתא. יכול להיות שבגלל שמדובר על עיכול, התלמידים עשו שימוש רב יותר במושגים הקשורים גם באקולוגיה וגם בגוף האדם, חיבור שפחות נפוץ בשאלות אחרות.

שאלה 2 (שאלה 2 – 2017):

בשאלה זו קשה מאוד למצוא הקשרים ברורים וישירים למערכות בגוף האדם, והיא מאפשרת שימוש בנושאים הקשורים להומאוסטזיס. לכן, לא הופתעתי מכך שאף אחד מהתלמידים לא השתמש במושגים הקשורים לגוף האדם בתשובה. אולם, באף אחת מתשובות התלמידים לא הייתה התייחסות לנושא ההומאוסטזיס, שנחשב, כנראה, אצל התלמידים כנושא "מבוא" ולא כחלק מנושא הליבה "גוף האדם בדגש הומאוסטזיס".

שאלה 3 (שאלה 3 – 2017):

שאלה זו מכילה בתוכה את המושגים: 'אבולוציה' ו'הומאותרמים', ושאלה על המעי הדק. כלומר, בשאלה עצמה יש מושגים משלושת פרקי הליבה. נראה (איור 1) כי התלמידים התמקדו יותר במענה על נושאים הקשורים למעי הדק (פרק ליבה: 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס'), אך רבים מהם הצליחו לשלב גם נושאים הקשורים להפקת אנרגיה והקשר לשמירה על טמפרטורת גוף קבועה (פרקי ליבה: התא וגוף האדם בדגש הומאוסטזיס). הממצא המפתיע הוא, שלמרות השימוש במונח 'אבולוציה', אף תלמיד לא השתמש בתשובתו במונחים שקשורים לאבולוציה או מונחים הקשורים לפרק הליבה 'אקולוגיה'.

שאלה 4 (שאלה 1 – 2018):

כמו בשאלה הראשונה, אני משערת שבגלל שההתייחסות כאן היא לפרות, אין התייחסות של התלמידים לנושאים הקשורים לפרק הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס'. ההתייחסות לחנקן מתקשרת גם לאקולוגיה וגם לנושאים מתוך 'התא', ולכן לא מפתיע שאלו שני הנושאים בהם השתמשו התלמידים, בנפרד או ביחד, בכדי לענות על השאלה.

שאלה 5 (שאלה 2 – 2018):

גם בשאלה זו קשה למצוא קישורים לנושאים מפרק הליבה 'גוף האדם בדגש הומאוסטזיס', מאחר ונושא השאלה הוא צמחים. יחד עם זאת, דרושים כאן מושגים הקשורים להומאוסטזיס, בהם רוב התלמידים בחרו

שלא להשתמש. גם התלמידים שכן השתמשו בנושאים מפרק ליבה זה, כצפוי, לא השתמשו בהם בנושאים יחידים, אלא שילבו אותם עם נושאים משני פרקי הליבה האחרים. שימוש במושגים הקשורים לפרקי הליבה 'תא' ו'אקולוגיה', בנפרד או ביחד, אינו מפתיע, כי השאלה מתייחסת ישירות ליחסי גומלין בין אורגניזמים ולפוטוסינתזה בעקיפין.

שאלה 6 (שאלה 3 – 2018):

שאלה זו דרשה קישור בין נושאים הקשורים לתורשה, יצירת חלבונים, מערכת ההובלה, ואבולוציה. הופתעתי שלא היה אחוז גבוה יותר של תלמידים שהתייחסו לנושאים הקשורים בתפקוד תאי הדם האדומים והקשר של ההמוגלובין לנשיאת החמצן. בנוסף, למרות ההתייחסות בשאלה ליחס של הגנוטיפים השונים באוכלוסייה, התלמידים לא הצליחו להסביר בצורה ברורה את הקשר בין כשירות לבין שכיחות אללים.

פרק ג' – התמודדות של תלמידים עם שאלות הדורשות הקשרים בין רמות ארגון שונות, בעת לימוד בסביבת הלמידה

פרק זה מציג ניתוח השוואתי של תשובותיהם של שני תלמידים לתשע שאלות נבחרות מתוך הפעילויות המצויות בסביבת הלמידה. באמצעות ניתוח זה אנסה לענות על שאלת המחקר השלישית: כיצד תלמידים מתמודדים עם שאלות הדורשות הקשרים בין רמות ארגון שונות, תוך כדי לימוד בסביבת הלמידה? כדי לבחון את השפעת ההתנסות בסביבת הלמידה, נותחו תשובות של שני תלמידים (ראו איפיון של שני התלמידים בפרק השיטות). הניתוח (ראו טבלה 6) כולל תשע שאלות, הדורשות אינטגרציה, בין נושאי הלימוד בביולוגיה, ברמה שונה. התשובות נלקחו משתי הפעילויות אותן עשו התלמידים – 7 תשובות מתוך הפעילות שהתמקדה במחלת הכולרה, ושתי תשובות מתוך הפעילות שהתמקדה במחלת הסיסטיק פיברוזיס.

טבלה 6: ניתוח והשוואה בין תשובות שני התלמידים, לשאלות הנבחרות משתי הפעילויות "כולרה" ו"סיסטיק כולרה".

מס' שאלה	תלמיד 20	תלמיד 22
6 כולרה	בעקבות <u>מוטציה*</u> בגן המקודד לקולטן תהיה פגיעה בייצור תקין של הקולטן לחיידק הכולרה. במיגה של פגיעה זו, לא יוצרו קולטנים מתאימים לוירוס ולכן לא תהיה התאמה בין <u>האנטיגן</u> לקולטן וכך <u>המחלה</u> לא תמשיך להתפשט ותיגרם עמידות בפני החידק.	<u>מוטציה</u> בגן שמקודד לקולטן יכולה לגרום לשנוי במבנה של החלבון במקרה זה של <u>הקולטן</u> . כאשר יש שינוי <u>במבנה המרחבי</u> של הקולטן <u>הסובסטרט</u> הייחודי שלו לא יתאים לו ולכן לא יתרחשו תגובות בהתאם לכך. חיידק הכולרה <u>נקשר לקולטן</u> הייחודי לו וכאשר מבנה הקולטן משתנה כך חיידק הכולרה לא יתאים לקולטן ולכן לא תיגרם <u>מחלה</u> .

מס' שאלה	תלמיד 20	תלמיד 22																																				
	<p>ניתוח תשובות**: התשובות דומות באורכן, ומספר המושגים בהם השתמשו התלמידים דומה – אמנם תלמיד 22 השתמש בשלושה מושגים יותר מתלמיד 20, אך גם תשובתו ארוכה ב- 15 מילים, והדבר יכול להשפיע. יחד עם זאת, תלמיד 22 מתאר יותר שלבים בתהליך, ותשובתו נכונה. תלמיד 20 נותן תאור פשוט יותר, ומשלב מושג לא רלוונטי – אנטיגן.</p>																																					
7 כולרה	<p>האדם כן יראה <u>תסמיני מחלה</u> כיוון שכעת התפשטות הנגיף אינה קשורה להקשרות <u>לקולטן</u>, אלא הוא מוחדר היישר אל <u>תא המעי</u>.</p>	<p>לפי דעתי גם במקרה זה האדם לא יחוש את <u>תסמיני המחלה</u> כיוון <u>שהרעלן</u> צריך <u>להיקשר לדופן המעי</u>. חדירה של הרעלן לתא לא מחייבת בהיקשרותו <u>לקרום התא</u> ולכן לא בטוח שתתפקד <u>כמשאבה</u> שממנה יצאו <u>יוני כלור מתא</u> דופן המעי כלומר, האדם לא יחלה.</p>																																				
	<p>ניתוח תשובות: התשובה של תלמיד 22 כפולה באורכה מהתשובה של תלמיד 20. תלמיד 20 לא מתייחס למנגנון המולקולרי של הופעת תסמיני המחלה, לעומת תלמיד 22 שכן מתייחס. תלמיד 20 מייחס את המחלה לנגיף (במקום חיידק) שההתפשטות שלו בגוף תלויה ביכולת הכניסה שלו לתאים.</p>																																					
14 כולרה	<p><u>ריכוז המומסים</u> בחלל <u>המעי</u> יעלה ותיגרם ספיגה מואצת של נוזלים אל תוך המעי</p>	<p>בעקבות יציאת <u>יוני כלור</u> אל <u>חלל המעי</u> <u>ריכוז המומסים</u> בחלל המעי יעלה. כתוצאה מכך ים יצאו <u>מתאי</u> דופן המעי אל חלל המעי בתהליך <u>אוסמוזה</u>. כמות המים במעי תגדל דבר המסביר את <u>השלשול</u> הנוזלי שנגרם עקב המחלה.</p>																																				
	<p>ניתוח תשובות: תשובתו של תלמיד 22 ארוכה כמעט פי 3 מתשובתו של תלמיד 20. בהתאם, תלמיד 22 משתמש בפי 3 יותר ממושגים שונים. תלמיד 20 עונה תשובה קצרה, ואילו תלמיד 22 מנסה להכליל יותר נושאים בתשובה.</p>																																					
16 כולרה	<table border="1"> <thead> <tr> <th>שלב</th> <th>רמת הארגון המתוארת</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>הצמדות רעלן לקולטן</td> <td>מולקולה ✓</td> </tr> <tr> <td>חדירת הרעלן לתא</td> <td>תא ✓</td> </tr> <tr> <td>עיבוד ב- ER</td> <td>אברון ✓</td> </tr> <tr> <td>הפעלת משאבות כלור</td> <td>מולקולה ✓</td> </tr> <tr> <td>יציאת יוני כלור מהתא</td> <td>מולקולה ✗</td> </tr> <tr> <td>יציאת מים אל חלל המעי</td> <td>תא ✗, איבר ✓</td> </tr> <tr> <td>שלשול</td> <td>מערכת ✗</td> </tr> <tr> <td>התייבשות חמורה</td> <td>אורגניזם ✓</td> </tr> </tbody> </table>	שלב	רמת הארגון המתוארת	הצמדות רעלן לקולטן	מולקולה ✓	חדירת הרעלן לתא	תא ✓	עיבוד ב- ER	אברון ✓	הפעלת משאבות כלור	מולקולה ✓	יציאת יוני כלור מהתא	מולקולה ✗	יציאת מים אל חלל המעי	תא ✗, איבר ✓	שלשול	מערכת ✗	התייבשות חמורה	אורגניזם ✓	<table border="1"> <thead> <tr> <th>שלב</th> <th>רמת הארגון המתוארת</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>הצמדות רעלן לקולטן</td> <td>מולקולה ✓</td> </tr> <tr> <td>חדירת הרעלן לתא</td> <td>תא ✓</td> </tr> <tr> <td>עיבוד ב- ER</td> <td>תא ✗</td> </tr> <tr> <td>הפעלת משאבות כלור</td> <td>תא ✗</td> </tr> <tr> <td>יציאת יוני כלור מהתא</td> <td>מולקולה ✗</td> </tr> <tr> <td>יציאת מים אל חלל המעי</td> <td>מולקולה ✗, איבר ✓</td> </tr> <tr> <td>שלשול</td> <td>מערכת ✗</td> </tr> <tr> <td>התייבשות חמורה</td> <td>אורגניזם ✓</td> </tr> </tbody> </table>	שלב	רמת הארגון המתוארת	הצמדות רעלן לקולטן	מולקולה ✓	חדירת הרעלן לתא	תא ✓	עיבוד ב- ER	תא ✗	הפעלת משאבות כלור	תא ✗	יציאת יוני כלור מהתא	מולקולה ✗	יציאת מים אל חלל המעי	מולקולה ✗, איבר ✓	שלשול	מערכת ✗	התייבשות חמורה	אורגניזם ✓
שלב	רמת הארגון המתוארת																																					
הצמדות רעלן לקולטן	מולקולה ✓																																					
חדירת הרעלן לתא	תא ✓																																					
עיבוד ב- ER	אברון ✓																																					
הפעלת משאבות כלור	מולקולה ✓																																					
יציאת יוני כלור מהתא	מולקולה ✗																																					
יציאת מים אל חלל המעי	תא ✗, איבר ✓																																					
שלשול	מערכת ✗																																					
התייבשות חמורה	אורגניזם ✓																																					
שלב	רמת הארגון המתוארת																																					
הצמדות רעלן לקולטן	מולקולה ✓																																					
חדירת הרעלן לתא	תא ✓																																					
עיבוד ב- ER	תא ✗																																					
הפעלת משאבות כלור	תא ✗																																					
יציאת יוני כלור מהתא	מולקולה ✗																																					
יציאת מים אל חלל המעי	מולקולה ✗, איבר ✓																																					
שלשול	מערכת ✗																																					
התייבשות חמורה	אורגניזם ✓																																					
	<p>תלמיד 22 הצליח להתאים יותר שלבים לרמת הארגון המאימה.</p>																																					

תלמיד 22			תלמיד 20			מס' שאלה	
תארו את התהליך	האם ניתן לראות תהליך דברמת ארגון זו?	רמת ארגון	תארו את התהליך	האם ניתן לראות תהליך ברמת ארגון זו?	רמת ארגון	17 כולרה	
					אטום/יון -		
					מולקולה +		
		אטום/יון -			אברון -		
			יציאת מים מהתא אל חלל המעי		תא +		
הרעלן	הצמדות לקולטן	מולקולה +			רקמה -		
		אברון -	המעי		איבר +		
	יציאת חומרים מהתא	תא +			מערכת -		
	הצטמקות הרקמה כתוצאה מיציאת המים בתאים	רקמה +			אורגניזם -		
	התרחבות המעי כתוצאה מיציאת מים מהתאים לחלל המעי	איבר +			אוכלוסיה -		
	התכווצויות רבות מערכת העיכול עקב השלשול	מערכת +					
	התייבשות	אורגניזם +					
	מוות	אוכלוסיה +					
<p>ניתוח תשובות: תלמיד 20 הצליח להסביר תהליך המתרחשים במחלת הכולרה רק בשתי רמות ארגון – תא ואיבר. התלמיד ציין גם שמתרחשים תהליכים ברמת המולקולה, אך לא תאר אותם.</p>							

תלמיד 22	תלמיד 20	מס' שאלה
<p>תלמיד 22 הצליח להסביר תהליכים המתרחשים כמעט בכל רמות הארגון, פרט לרמת האטום/יון ולרמת האברון. דבר זה מפתיע, היות ובתשובות קודמות התלמיד התייחס ליוני הכלור והתייחס לאברון ה-ER.</p>		
<p>בעקבות הצמדות <u>רעלן</u> הכולרה <u>לקולטן</u> על גבי <u>קרומ</u> <u>התא</u> המתאים לו <u>במבנהו המרחבי</u>, משתנה המבנה המרחבי של הקולטן ובעקבות זאת הרעלן חודר לתוך <u>התא באנדוציטוזה</u> לאחר עיבוד ב-<u>ER</u> נוצרת <u>משאבה</u> בקרום התא ששואבת <u>יוני כלור</u> מהתא ומוציאה אותם <u>לחלל המעי</u>. לכן <u>ריכוז המומסים</u> בחלל המעי גדל והתא נמצא בסביבה <u>היפרטונית</u> דבר הגורם ליציאת מים מהתא בתהליך <u>אוסמוזה</u> מהחלל לתא המעי כתוצאה מיציאת מים לחלל המעי <u>הצנאה</u> נהיי מימית.</p>	<p>אחת ההשפעות של <u>רעלן</u> הכולרה היא יציאת מים <u>מהתא</u> וחדירתם אל <u>המע</u>, למים תפקיד חשוב ביעילות פעילות התא ולכן כאשר ישנה יציאה רבה של מים מהתא אל המעי, נגרם <u>שלשול</u> והאדם עלול <u>להתייבש</u></p>	18 כולרה
<p>ניתוח תשובות: ניתן לראות כי התשובה של תלמיד 22 ארוכה יותר, וכוללת מספר רב יותר של מושגים. בנוסף, תלמיד 22 משרשר יותר תהליכים (כותב מה גורם למה).</p>		
<p>כתוצאה ממחלת הכולרה נגרם <u>שלשול</u> כלומר <u>איבוד מים</u> מהגוף. כתוצאה מכך מופרש <u>ההורמון ADH</u> מבלוטת <u>ההיפופיזה</u> בכמות גבוהה. דבר המגביר את תהליך <u>הספיגה החוזרת מהדם לקופסית</u> כתוצאה מכך <u>נפת השתן</u> קטן וריכוזו עולה. על כן חולים במחלת הכולרה יתנו פחות שתן כיוון שנפחו יקטן משמעותית דבר המסביר את מתן כמות השתן הקטנה שהם נותנים.</p>	<p>חשיבות השמירה על <u>איזון נוזלים</u> בגוף בעלי החיים גבוהה מאוד, <u>בהיפופיזה</u> ישנו את <u>ההורמון adh</u> אשר אחראי על שמירת מאזן מים תקין בגופינו, במידה וישנו איבוד נוזלים רב כמו באחד מתסמיני הכולרה, מופרש הורמון adh אשר מגביר את <u>הספיגה החוזרת</u> של הנוזלים אל הדם ולכן תיווצר הפסקת שתן בכדי למנוע איבוד כמות מים רבה</p>	19 כולרה
<p>ניתוח תשובות: למרות שהתשובות כאן באורך דומה, תלמיד 22 משתמש בכמות רבה יותר של מושגים, בהשוואה לתלמיד 20. השימוש הרב יותר במושגים מאפשר לתלמיד 22 לענות תשובה שמתארת מנגנון בפירוט ובדיוק רבים יותר, ומראה השפעות של רכיבים רבים יותר במערכת על התוצאה הסופית.</p>		

תלמיד 22	תלמיד 20	מס' שאלה
<p>כתוצאה מאי יציאת <u>יוני כלור</u> מהתא <u>ריכוז המומסים</u> בו עולה והוא נמצא בסביבה <u>היפוטונית</u>. על כן תתרחש <u>חדירה של מים לתא</u> והוא יתנפח. התא עשוי להתפוצץ דבר שעשוי לצפות את <u>הריאות</u> ולמנוע <u>מעבר של גזים</u> בין <u>נאדיות הריאה לנימי הדם</u> ואף <u>למוות</u>. <u>חסימה של צינורות</u> הזרע עשויה להתרחש בערבות התנפחות התאים או בעקבות התפוצצותם והתוכן הרירי שיוצא מהם. בעיה בספיגת המזון תתרחש עקב כך שהמומסים <u>תוצרי העיכול</u> לא יוכלו לעבור דרך <u>תאי דופן המעי</u> הנפוחים ולהיספג בדם. כמו כן עקב שינוי בריכוז המומסים במעי יתרחש שינוי במפל הריכוזים והמומסים לא יוכלו להיספג בספיגה חוזרת.</p>	<p>במחלת הסיסטיק פיברוזיס נפגע המעבר התקין של <u>יוני כלור</u> מהתא אל <u>חלל המעי</u> וישנו מעבר עודף של יוני כלור מתאי אפיתל המעי אל תוך חלל המעי וכתוצאה מכך <u>ריכוז המומסים</u> בחלל המעי עולה ובתהליך <u>הדיפוזיה</u> על מנת להגיע לשיוויון ריכוזים ישנו מעבר עודף גם של מים מהתא אל חלל המעי, כתוצאה מכך נוצרת שכבת ריר צמיגה שגורמת <u>לסתימה של צינורות</u> חיוניים בגופינו.</p>	CF 19
	<p>ניתוח תשובות: בשאלה זו הצליח תלמיד 22 לשלב גם בין שני פרקי ליבה (התא – מבנה ופעילות וגוף האדם בדגש הומאוסטזיס), וגם הצליח לשלב בין מספר מערכות שונות בגוף האדם. תלמיד 20, לעומת זאת, אמנם הצליח לשלב בתשובתו גם נושאים הקשורים לפרק הליבה התא – מבנה ופעילות ונושאים הקשורים לפרק הליבה גוף האדם בדגש הומאוסטזיס, אך רמת הקישור נמוכה.</p>	
<p>לפי דעתי לא כדאי להדביק חולי סיסטיק פיברוזיס בחיידקי כולרה כיוון שלא ניתן לדעת בוודאות מהן ההשלכות. ייתכן שתחילה החיידק יעזור, אולם לאחר מכן, יותר מידי <u>יוני כלור</u> יצאו מהתאים והחולים ייפתחו את אותם <u>התסמינים של מחלת</u> הכולרה. כמו כן קיימת סכנת <u>הידבקות</u> של בני משפחות החולים וסביבתם. ועשויה להתפרץ <u>מגפה</u> של חיידק בכולרה. לכן אינני ממליצה על הדבקת חולי סיסטיק פיברוזיס בחיידקי הכולרה.</p>	<p>לא, כיוון שבמקרה של הדבקה עלולה להיווצר מחלת <u>האנמיה</u></p>	CF 20

מס' שאלה	תלמיד 20	תלמיד 22
	ניתוח תשובות: התשובה של תלמיד 20 קצרה מאוד ומכילה רק מושג אחד, שהשימוש בו לא נכון. תלמיד 22 הצליח לשלב מושגים משלושת פרקי הליבה, והצליח לקשר בין רכיבים שונים ובעזרתם להסביר מנגנון המושפע במספר רב של רמות ארגון.	

* מושגים שהופיעו בתשובת התלמיד הודגשו בקו תחתון ובגופן נטוי.

** מתחת לכל תשובה מופיע ניתוח והשוואה בין תשובות שני התלמידים.

בטבלה 6 ניתן לראות כי רוב תשובותיו של תלמיד 22 ארוכות ומפורטות יותר בהשוואה לתלמיד 20. בהתאם, תשובותיו של תלמיד 22 כוללות יותר מושגים מתשובותיו של תלמיד 20. יחד עם זאת, ההבדל בכמות המושגים מצוי לא רק בתשובות בהן ניכר הבדל באורכן. גם בתשובות שאורכן (מספר המילים) היה דומה, השתמש תלמיד 22 ביותר ממושגים בהשוואה לתלמיד 20.

כאשר בוחנים תשובות לשאלות עוקבות (שאלה המסתמכת על השאלה הקודמת, דוגמת שאלות 17 ו-18 בפעילות הכולרה), ניתן לראות כי בעוד תלמיד 22 משתמש בתשובתו לשאלה 17 כבסיס למענב לשאלה 18, ובהתאם – כולל בתשובה לשאלה 18 מושגים רבים, משלושת פרקי הליבה בביווגיה, תלמיד 20, שלא ענה במלואה על שאלה 17, התקשה לענות על שאלה 18, ותשובתו קצרה וכוללת מעט מושגים, השייכים לשני פרקי ליבה בלבד.

טבלה 7: סיכום כמותי של מספר המושגים במענה על השאלות הנבחרות, וחלוקתם לפרקי הליבה:

* שימוש כפול באותו המושג נספר רק פעם אחת.

תלמיד		20	22
מספר רמות ארגון בהן השתמש התלמיד	6	גוף האדם	1
		התא	6
		אקולוגיה	0
		סה"כ	7
	7	גוף האדם	1
		התא	5
		אקולוגיה	0
		סה"כ	7
	14	גוף האדם	1
		התא	4
		אקולוגיה	0
		סה"כ	6

22	20	תלמיד	
2	2	גוף האדם	16
4	2	התא	
0	0	אקולוגיה	
6	4	סה"כ	
4	1	גוף האדם	17
2	2	התא	
1	0	אקולוגיה	
7	3	סה"כ	
2	2	גוף האדם	18
12	3	התא	
0	0	אקולוגיה	
14	5	סה"כ	
8	4	גוף האדם	19
0	0	התא	
0	0	אקולוגיה	
8	4	סה"כ	
8	2	גוף האדם	19
5	4	התא	
0	0	אקולוגיה	
13	6	סה"כ	
1	1	גוף האדם	20
2	0	התא	
2	0	אקולוגיה	
5	1	סה"כ	
73	33	סה"כ מושגים בשאלות שנבדקו	

בטבלה 7 ניתן לראות כי באופן גורף תלמיד 22 משתמש בהרבה יותר מושגים בתשובותיו, בהשוואה לתלמיד 20 – 73 מושגים לעומת 33 מושגים, בהתאמה.

תלמיד מספר 20 לומד מתמטיקה ברמת 5 יחידות, אך הישגיו נמוכים ברמת לימוד זו, ואילו תלמיד 22 לומד מתמטיקה ברמה של 4 יח"ל, והישגיו גבוהים ברמת למידה זו. שני התלמידים לומדים אנגלית ברמה של 5 יח"ל, והישגיהם דומים. תלמיד 22 לומד מגמה מדעית נוספת – כימיה. בביולוגיה ציוניו של תלמיד

22 מעט יותר גבוהים מציוניו של תלמיד 20. המורה מתארת את תלמיד 20 כתלמיד שמשקיע מאוד ומתאמץ, וככזה שחל אצלו שיפור משמעותי בהישגים מתחילת לימודיו במגמה. הישגיו של תלמיד 22 בביולוגיה, לפי דיווח המורה המלמדת אותו, דומים לאורך השנים. תלמיד 20 לא הראה שיפור בניקוד שקיבל על תשובותיו לשאלונים לפני ואחרי ההתנסות בסביבת הלמידה, וציונו היה ונשאר 4. המשמעות של ציון 4 הוא שרק בשאלה אחת בכל מבחן הצליח התלמיד לשלב נושאים משני נושאי ליבה. לעומתו, תלמיד 22 הראה שיפור מציון 5 לציון 9, שהוא הציון המקסימלי שניתן לקבל. כלומר, תלמיד 22 התחיל בנקודה קצת יותר גבוהה, בה הצליח כבר בשאלון הראשון לשלב בשתיים מתוך שלוש השאלות נושאים משני פרקי ליבה שונים, אך לאחר ההתנסות בפעילויות המופיעות בסביבת הלמידה, הצליח בכל אחת מהשאלות לשלב נושאים משלושת נושאי הליבה השונים. בבחינת מאפייני התלמידים (ראו [אוכלוסיית המחקר](#)), שני התלמידים הם תלמידים רציניים ומשקיעים, ונראה כי הם דומים ברוב המאפיינים (יתרון קל לתלמיד 22 בהישגים במגמת הביולוגיה). אולם, נראה כי למרות שתלמיד 20 השלים את כל המטלות בכל אחת מהפעילויות בסביבת הלמידה, המענה לא היה מעמיק, והתשובות קצרות ומהירות. תלמיד 22 העמיק בתשובותיו, והתייחס לבקשות, המפורשות לעיתים, להשתמש בכמה שיותר רמות ארגון. ניתן לראות כי שימוש רב יותר במושגים בעת הלימוד באמצעות הפעילויות בסביבת הלמידה הוביל לשיפור ביכולת האינטגרציה בין מושגים השייכים לפרקי ליבה שונים.

פרק ד' – השפעת ההתנסות בסביבת הלמידה על יכולת התלמידים להשתמש, בו זמנית,

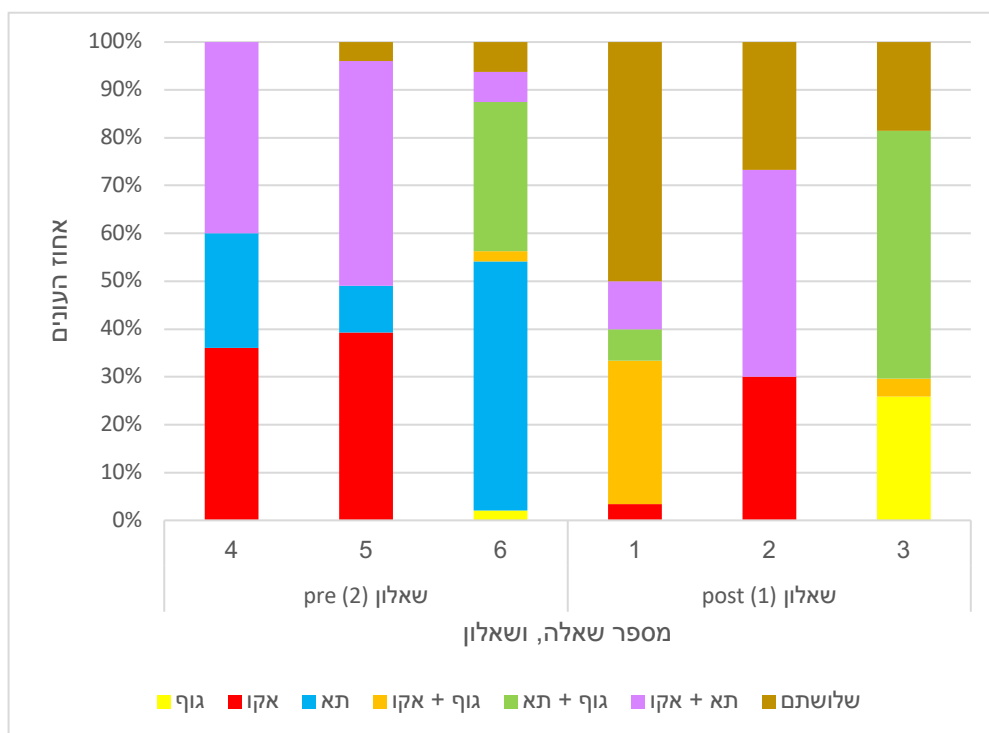
במושגים מפרקי ליבה שונים במענה על שאלות בביולוגיה

שאלת המחקר הרביעית: האם שימוש בפעילויות בסביבת הלמידה מאפשר לתלמידים להסביר תופעות ביולוגיות תוך שימוש בכמה רמות ארגון? בכדי לענות על שאלת המחקר הרביעית, נותחו שני השאלונים עליהם ענתה קבוצת התלמידים השנייה בספטמבר 2018. השאלונים שנותחו היו שאלון 2 (שאלות 4-6), עליו ענו התלמידים לפני ההתנסות בסביבת הלמידה (להלן: שאלון pre), ושאלון 1 (שאלות 1-3), עליו ענו התלמידים לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה (להלן: שאלון post). בהתחלה נבדק אופן המענה של התלמידים על כל אחת מהשאלות – תוך שימוש בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משילוב נושאים משלושת פרקי הליבה. מאחר וגודל הקבוצות לא היה שווה, לצורך השוואה הנתונים מוצגים באחוזים. התוצאות מוצגות בטבלה 8 ובאיור 11.

טבלה 8: התפלגות באחוזים של תשובות התלמידים לכל שאלה, לפי נושאי הליבה השונים, בשאלון 2 (pre), שנענע לפני ההתנסות בסביבת הלמידה, ובשאלון 1 (post), שנענה לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה:

שאלון 1, 2018			שאלון 2, 2018			שאלה
3	2	1	6	5	4	
25.9	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	גוף
0.0	30.0	3.3	0.0	39.2	36.0	אקו
0.0	0.0	0.0	52.1	9.8	24.0	תא
3.7	0.0	30.0	2.1	0.0	0.0	גוף + אקו
51.9	0.0	6.7	31.3	0.0	0.0	גוף + תא
0.0	43.3	10.0	6.3	47.1	40.0	תא + אקו
18.5	26.7	50.0	6.3	3.9	0.0	שלושתם
100	100	100	100	100	100	סה"כ (%)

עבור שאלון pre (2), n=51; עבור שאלון post (1), n=30.



איור 11: התפלגות תשובות התלמידים, באחוזים, לפי נושאים מפרקי הליבה. עבור שאלון pre (2), n=51; עבור שאלון post (1), n=30.

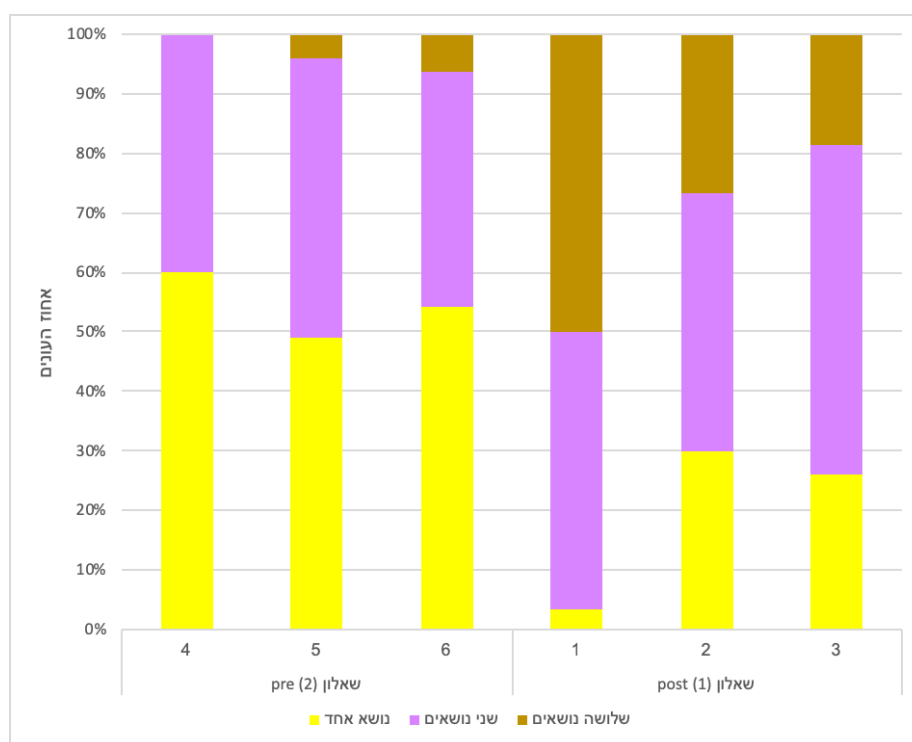
כדי לקבל מבט כללי יותר על אופן מענה התלמידים, נבדק עבור כל שאלה אחוז התלמידים שענו באמצעות שימוש בנושאים השייכים לנושא ליבה אחד, שילוב של מושגים משני נושאי ליבה או שילוב של מושגים

משלושת נושאי הליבה. ניתוח זה לא מבדיל בין נושאי הליבה אליהם שייכים המושגים בהם השתמשו התלמידים, כפי שניתן לראות בטבלה 9 ובאיור 12.

טבלה 9: התפלגות, באחוזים, של כמות התלמידים, לפי השימוש במושגים השייכים לנושא אחד מתוך פרקי הליבה, שני נושאים או שלושה נושאים, בעת מענה על כל אחת מהשאלות, בשנת 2018, לפני (שאלון 2) ואחרי (שאלון 1) התנסות בסביבת הלמידה.

אחוז התלמידים העונים						שאלות
שאלון post (1), 2018			שאלון pre (2), 2018			
3	2	1	6	5	4	
7	9	1	26	25	30	נושא אחד
15	13	14	19	24	20	שני נושאים
5	8	15	3	2	0	שלושה נושאים
100	100	100	100	100	100	סה"כ (%)

עבור שאלון (2), n=51; עבור שאלון post (1), n=30.



איור 12: התפלגות, באחוזים, של כמות התלמידים, לפי השימוש במושגים השייכים לנושא אחד מתוך פרקי הליבה, שני נושאים או שלושה נושאים, בעת מענה על כל אחת מהשאלות, בשנת 2018, בשאלוני (2) pre ו-(1) post. עבור שאלון (2), n=51; עבור שאלון post (1), n=30.

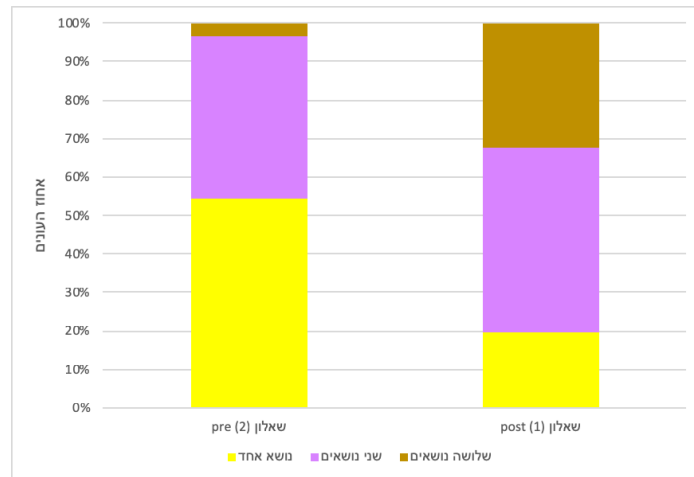
איור 12 מציג את סך התלמידים שענו על כל שאלה תוך התייחסות לנושאים מפרק אחד, שניים או שלושה פרקי ליבה. ניתן לראות שבשאלון המקדים (שאלון 2) הרבה תשובות כללו נושאים מפרק ליבה אחד (60% בשאלה 4, 49% בשאלה 5 ו- 52% בשאלה 6). ישנו שימוש רב גם בנושאים משני פרקי ליבה (40% בשאלה 4, 48% בשאלה 5 ו- 41% בשאלה 6). בשאלון המקדים (שאלון 2) מעט מאוד תלמידים השתמשו בנושאים משלושת פרקי הליבה (0% בשאלה 4, 3% בשאלה 5 ו- 6% בשאלה 6). לעומת זאת, לאחר התנסות בסביבה (שאלון 1) ניתן לראות ירידה באחוז השימוש במושגים מפרק ליבה אחד (2% בשאלה 1, 30% בשאלה 2 ו- 27% בשאלה 3). השימוש במושגים משני נושאי ליבה עלה במעט (48% בשאלה 1, 43% בשאלה 2 ו- 55% בשאלה 3), וניתן לראות שימוש רב יותר במושגים משלושת פרקי הליבה (50% בשאלה 1, 27% בשאלה 2 ו- 18% בשאלה 3).

עיבוד נוסף של התוצאות, שיאפשר השוואה נוחה יותר בין התלמידים של שתי הקבוצות שנבדקו, קיבץ את שלוש השאלות של כל שאלון, וכעת ניתן לראות את אחוז התלמידים שהשתמשו במענה לשלוש השאלות בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משלושת פרקי הליבה, כפי שמוצג בטבלה 10 ובאיור 13.

טבלה 10: אחוז התלמידים שהשתמשו במענה לשלוש השאלות בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משלושת פרקי הליבה, לפני ואחרי ההתנסות בסביבת הלמידה

שאלון 1, 2018	שאלון 2, 2018	
19.5	54.4	נושא אחד
48.3	42.3	שני נושאים
32.2	3.4	שלושה נושאים
100	100	סה"כ (%)

עבור שאלון pre (2), n=51; עבור שאלון post (1), n=30.



איור 13: אחוז התלמידים שהשתמשו במענה לשלוש השאלות בנושאים מפרק ליבה אחד, משני פרקי ליבה או משלושת פרקי ליבה, לפני ואחרי ההתנסות בסביבת הלמידה, 2018. עבור שאלון (2), n=51; עבור שאלון (1), n=30.

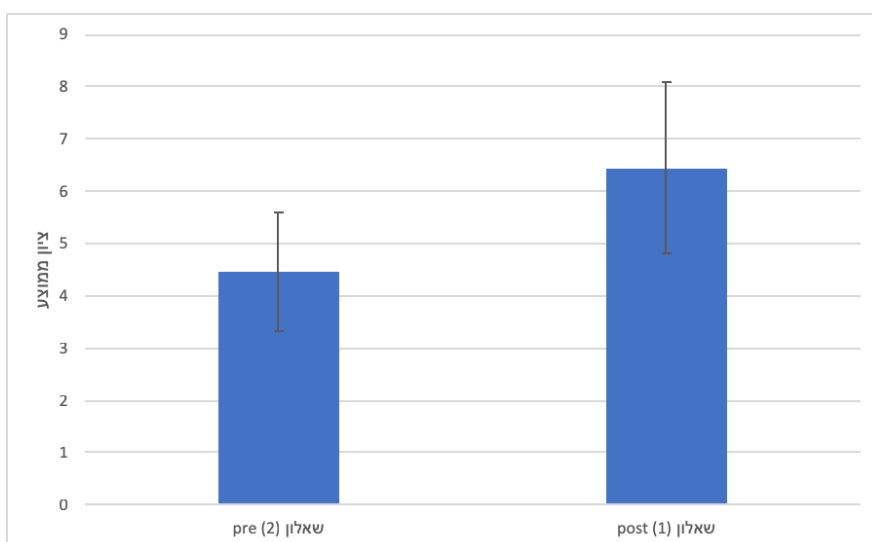
איור 13 מציג את מספר התלמידים הכולל, שבחרו להשתמש בנושא ליבה אחד, שניים או שלושה בכדי לענות על שלוש השאלות שבשאלונים. ניתן לראות שלאחר השימוש בסביבה, יש ירידה בשימוש במושגים מנושא ליבה אחד (54% בשאלון 2 ו-19% בשאלון 1), עליה קלה בשימוש במושגים משני נושאי ליבה (44% בשאלון 2 לעומת 47% בשאלון 1), עליה משמעותית בשימוש במושגים משלושת נושאי ליבה (2% בשאלון 2 לעומת 32% בשאלון 1).

בכדי לבדוק האם ההבדלים בין שני השאלונים מובהק, קיבל כל תלמיד ציון על התשובות שענה – תשובה בה השתמש במושגים מנושא ליבה אחד קיבלה נקודה אחת, תשובה בה היה שימוש במושגים משני נושאי ליבה קיבלה 2 נקודות, ותשובה בה היה שימוש במושגים משלושת נושאי ליבה קיבלה 3 נקודות (ראו [נספח 4](#)). לתלמידים שענו על שלוש השאלות, יכול להיות ציון שנע בין 3 נקודות ל-9 נקודות. ממוצע הציונים, שקיבלו התלמידים בשני השאלונים השונים, מוצג בטבלה 11 ובאיור 14. לאחר מכן, בוצע מבחן סטטיסטי T בכדי לראות האם קיים הבדל בין ציוני שתי הקבוצות.

טבלה 11: ממוצע ציוני התלמידים על שלוש השאלות:

שאלון (1) post, 2018	שאלון (2) pre, 2018	
6.44	4.47	ממוצע
1.64	1.13	סטיית תקן

עבור שאלון 2, n=51; עבור שאלון 1, n=30.



איור 14: ממוצע ציוני התלמידים לפני ואחרי ההתנסות בסביבת המידה. ניתן לראות עליה בציון הממוצע לאחר התנסות בסביבה, מ- 4.4 ל- 6.4. עבור שאלון 2, $n=51$; עבור שאלון 1, $n=30$.

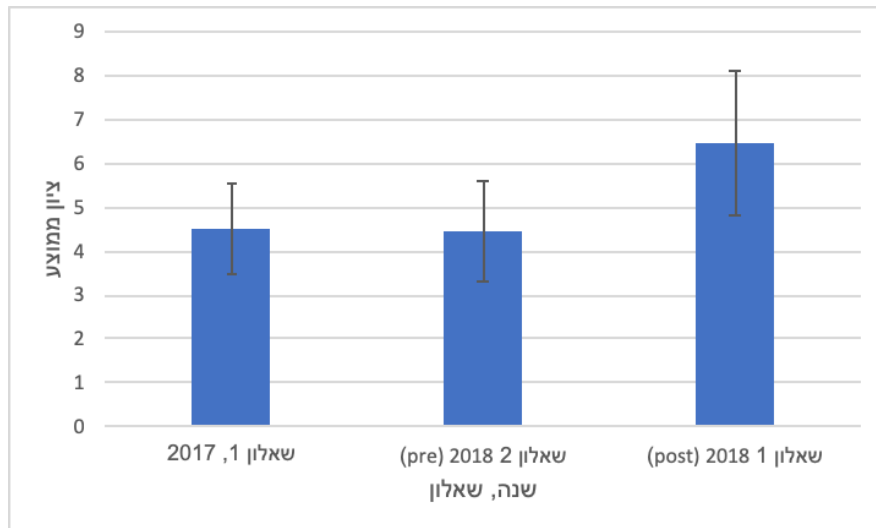
ניתן לראות באיור 14 כי הציון הממוצע שקיבלו התלמידים על תשובותיהם במענה על השאלות לאחר ההתנסות (שאלון post), היה גבוה יותר ב- 2 נקודות לעומת הציון הממוצע שקיבלו התלמידים לפני ההתנסות בסביבה (שאלון pre). ההבדל בין שתי הקבוצות מובהק סטטיסטית לפי מבחן t , כאשר $\alpha = 0.05$.

על מנת לשלול אפשרות כי השאלונים השונים זימנו אפשרויות שונות למענה, ביצעתי את אותו הליך ניקוד שאלות לתלמידים שענו בספטמבר 2017 על שאלון 1, לפני שהתנסו בסביבת הלמידה, והשוותי את הציון הממוצע שלהם גם לתלמידים שענו בספטמבר 2018 על שאלון 1 לאחר שהתנסו בסביבת הלמידה וגם לתוצאות המענה של התלמידים שענו בספטמבר 2018 על שאלון 2, לפני ההתנסות בסביבת הלמידה טבלה (12 ואיור 15).

טבלה 12: ממוצע ציון קבוצות התלמידים, שענו על שאלון 1, ב- 2017 וב- 2018

שאלון 2 (pre), 2018	שאלון 1 (post), 2018	שאלון 1, 2017	
4.47	6.44	4.5	ממוצע
1.04	1.67	1.04	סטיית תקן

עבור 2017, $n=21$; עבור 2018, $n=30$.



איור 15: ממוצע ציוני שתי קבוצות התלמידים, שענו על השאלונים השונים, ב- 2017 וב- 2018. עבור 2017, n=21; עבור 2018, n=30.

ניתן לראות שתלמידים שענו על שאלון 1 לאחר התנסות בסביבת הלמידה ב- 2018, שאלון post, קיבלו ציון גבוה יותר מתלמידים שענו על שאלון 1 בשנת 2017 – 6.44 ו- 4.5, בהתאמה.

* לפי מבחן T, ההבדל בין הממוצעים של ציוני התלמידים שענו על שאלון 1 בשנים 2017 ו- 2018 מובהק, ואילו ההבדל בין הממוצעים של ציוני התלמידים שענו על שאלון 1 ב- 2017 ועל שאלון 2 ב- 2018 אינו מובהק. כמו כן, ההבדל בין הציון הממוצע של שאלון 2 (pre) ב- 2018 לבין הציון הממוצע של שאלון 1 (post) ב- 2018 מובהק גם הוא.

מאחר ומבחינה סטטיסטית אין הבדלים בין הציון הממוצע שקיבלו התלמידים שענו על השאלונים השונים (שאלון 1 ב- 2017 ושאלון 2 ב- 2018), שנענו לפני התנסות בסביבת למידה, וכן קיים הבדל סטטיסטי בין התלמידים שענו על שאלון 1 לפני התנסות בסביבת למידה (2017) לבין מענה על שאלון 1 לאחר התנסות בסביבת הלמידה (שאלון post, 2018), המשמעות כאן היא שלא השאלון הוא זה שגרם להבדלים בין הציונים הממוצעים שקיבלו התלמידים, אלא ההתנסות והלמידה באמצעות סביבת הלמידה.

ניתן לראות שסביבת הלמידה העלתה את האינטגרציה של המושגים הנלמדים בפרקי הליכה השונים, ולכן היה שיפור (ראו איורים 14-15).

מטרת הסביבה היתה לעורר ידע קודם אצל התלמידים, ואז להוביל אותם, בהתחלה בעזרת פיגומים (לדוגמה, שאלה 17 המהווה פיגום לשאלה 18) ואחר כך בלעדיהם, לענות תשובות המשתמשות במספר רמות ארגון שונות. מאחר ופרקי הליכה תחומים ברמות ארגון מוגדרות (תא- רמת מולקולות, אברונים ותאים; גוף האדם- רמת התא ועד רמת האורגניזם; אקולוגיה- רמת אורגניזם ועד רמת ביוספירה), ככל שהתלמידים משתמשים ביותר רמות ארגון, כך גדל הסיכוי שישתמשו במושגים מפרקי ליבה רבים יותר כאשר הם עונים על שאלות דורשות אינטגרציה של נושאים.

במחקר זה עוצבה סביבת למידה, שנועדה לעזור לתלמידים ליצור הקשרים בין רמות ארגון בביולוגיה, ובדרך זו גם ליצור הקשרים בין נושאי הליבה בביולוגיה. פרט להקשרים בין נושאי הליבה בביולוגיה, היה נסיון גם ליצור קשר אל נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם", מתוך ראייה שנושאי הלימוד צריכים להיות ארוגים זה בזה, ולא להילמד כפיסות מידע מקוטעות וחסרות הקשר.

שאלת המחקר הראשונה ניסתה לברר מה הקשיים של מורי ביולוגיה בהוראת נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם", מתוך מחשבה שבעתיד ניתן יהיה לבנות פעילויות נוספות, שיוכלו לתת מענה לחלק מהקשיים. בנוסף, היה חשוב לבדוק האם המורים עצמם מוצאים קושי בחיבור נושא ההעמקה לנושאי הליבה. אם המורה מתקשה ליצור את ההקשרים הנדרשים בין רמות הארגון השונות ובין פרקי הליבה, סביר שגם תלמידיו יתקשו לבצע חיבורים אלו. אולם, בדיקת תשובותיהם של 171 מורים שבחרו ללמד את נושא ההעמקה "חידקים ונגיפים בגוף האדם" בשנת הלימודים תשע"ז, הראתה כי המורים דווקא רואים נושא זה כנושא שקל לחבר אותו לנושאי הליבה האחרים (ראו איור 2), וזו הייתה אחת הסיבות בזכותן בחרו ללמד אותו. נתון זה הוא נתון חשוב, מאחר ואם למורים יש קושי ליצור הקשרים בין נושאי הליבה (דבר שלפי הנראה באיור 2 לא קיים), לא סביר שהם ילמדו בצורה בה נושאים מרמות ארגון שונות ומפרקי ליבה שונים מקושרים זה עם זה. אם התלמידים לא נחשפים לצורת הראיה המערכתית הזו, הם עלולים להתקשות בזיהוי והתאמה של מושגים לרמת ארגון, וכך אולי יצליחו לקשר בין נושאים השייכים לאותה רמת ארגון (קוהרנטיות רוחבית), אך עלולים להתקשות ביצירת קוהרנטיות אופקית. רכישת שתי היכולות הללו מהווה חלק במודל התפתחות החשיבה המערכתית (Verhoff, Boersma, & Waarlo, 2008).

שאלת המחקר השנייה ניסתה לבחון מה היכולת של תלמידי ביולוגיה בחשיבה העליונה לקשר בין נושאים שונים בתכנית הלימודים בביולוגיה ברמות ארגון שונות?

טענות על קשיים של תלמידים לקשר בין תופעות ברמת המיקרו ותופעות ברמת המאקרו קיימות במגוון תחומים (Jördens, Asshoff, Kullmann, & Hammann, 2016). תכנית הלימודים בביולוגיה ברמת 5 יח"ל (משרד החינוך, 2017) היא תכנית, שלהערכת, עלולה ליצור קיטוע של הידע לפיסות מידע המנותקות זו מזו. הסיבה לכך נעוצה בלימוד המקוטע באופיו של רמות הארגון השונות: מערכות בגוף האדם, תא ואקולוגיה. תכנית הלימודים יוצרת קישורים בין מערכות הגוף השונות, אך קישור לרמה המולקולרית מתבצע בעיקר סביב נושא הפקת האנרגיה בתא. לדעתי, חשוב ליצור קישורים נוספים בין פיסות המידע המנותקות ובין רמת המיקרו לבין תפקודי מערכות בגוף האדם ותפקוד האורגניזם השלם, לא רק בהיבט הפקת האנרגיה. קשיים אלו, ביחד עם בלבול בן רמות ארגון, גורמות לתלמידים לתאר תהליכים מורכבים כתהליכים שיש גורם מרכזי ששולט עליהם, ולכן, התאורים וההסברים שלהם על התפתחותה של תופעה כלשהי בביולוגיה יהיו לרוב ברמת ארגון אחת, רמת הארגון של הגורם שהם הגדירו כגורם המרכזי השולט (Jördens, Asshoff, Kullmann, & Hammann, 2016). ואכן, כאשר בחנתי את שאלת

המחקר השנייה, הבחנתי שלא מעט תלמידים נוטים ליחס לשאלה נושא עיקרי, ולענות עליה בעזרת מושגים הקשורים לנושא זה בלבד (ראו איור 7).

הנושא שזוהה על ידי התלמידים בשאלה 1 למשל (שאלה ראשונה בשאלון 1) כנושא מרכזי היה אקולוגיה, וניתן לראות כי מרבית התלמידים השתמשו במושגים הקשורים לפרק הליבה 'אקולוגיה' בלבד, או ששילבו מושגים הקשורים לפרק הליבה 'אקולוגיה' ביחד עם מושגים הקשורים לפרק הליבה 'גוף האדם' בדגש הומאוסטזיס, או עם מושגים הקשורים לפרק הליבה 'התא – מבנה ופעילות'. מעטים התלמידים שענו על השאלה בלי להשתמש בנושאים הקשורים לפרק הליבה 'אקולוגיה'. נתון זה נתמך גם במחקרם של Düsing, Asshoff, ו-Hammann (2019), שבדקו תפיסות של תלמידים לגבי מעגל הפחמן – איזה תרכובות שייכות אליו, כיצד הן מתקשרות ביניהן וכיצד התלמידים עוקבים אחרי אטומי הפחמן, ואמות הארגון הביולוגיות השונות אליהן התלמידים מתייחסים בעודם עוקבים אחר אטומי הפחמן. במחקר זה נמצא כי תלמידים זיהו מעט רכיבים של מחזור הפחמן, והרכיבים שזוהו היו שייכים כולם לרמת ארגון של האורגניזם. כלומר, התלמידים מזהים את השאלה עם נושא האקולוגיה, ולכן ישתמשו במושגים הקשורים לפרק הליבה אקולוגיה. אולם, כאשר ינסו להסביר מנגנונים, הם יתמקדו במנגנונים השייכים לרמת ארגון אחת בלבד, בעיקר רמת האורגניזם (Düsing, Asshoff, & Hammann, 2019).

בשאלה 2 (שאלה שנייה בשאלון 1) מחצית מהתלמידים זיהו את הנושא 'אקולוגיה' כנושא מרכזי בשאלה, והשתמשו רק במושגים הקשורים לפרק ליבה זה. תלמידים רבים זיהו את השאלה ככזו המתמקדת בנושאים הקשורים לפרק הליבה 'התא – מבנה ופעילות', והשתמשו רק במושגים הקשורים לפרק זה. הנושא שזוהה כמרכזי בשאלה 3 (שאלה שלישית בשאלון 1) היה 'גוף האדם' בדגש הומאוסטזיס. ממצא זה היה ממצא מפתיע, מאחר ובשאלה הזכרה במפורש המילה "אבולוציה". למרות זאת, ניתן למצוא תימוכין לממצא זה, מאחר והבנת תהליכים אבולוציוניים ועקרונות דורשת חשיבה ברמות ארגון שונות (Jördens, Asshoff, & Kullmann, 2016).

בשאלות 4 ו-5 (השאלות הראשונה והשנייה, בהתאמה, בשאלון 2) היו תלמידים שזיהו את 'אקולוגיה' כנושא מרכזי, ואחרים שזיהו את 'התא'. בשאלה 6 (שאלה 3 בשאלון 2) 'התא – מבנה ופעילות' זוהה כנושא המרכזי של השאלה.

כאשר התלמידים כן משתמשים במושגים השייכים לשני פרקי ליבה שונים, נראה כי לתלמידים קל יותר ליצור הקשרים בין מושגים הקשורים לאקולוגיה לבין מושגים הקשורים לנושא 'תא – מבנה ופעילות', או בין מושגים הקשורים לפרקי הליבה 'התא – מבנה ופעילות' ו'גוף האדם' בדגש הומאוסטזיס. אני מניחה כי הסיבה לכך נעוצה במבנה תכנית הלימודים (משרד החינוך, 2017), היוצרת הקשרים בין זוגות נושאי הליבה הללו. כך למשל, מערכות הנשימה ומערכות ההובלה מקושרות לרוב עם תהליכי הנשימה התאית. גם מערכת ההפרשה הפנימית (המערכת האנדוקרינית) נלמדת כמערכת שמסייעת, בין היתר לוויסות תהליכים ברמה תאית. נושא הפוטוסינתזה נלמד גם ברמה התאית – מגיבים ותוצרים של תהליך הפוטוסינתזה, אך גם בפרק הליבה 'אקולוגיה', כאשר מדברים על גורמים המשפיעים על קצב הפוטוסינתזה, וכיצד הם יכולים להשפיע על מארג המזון ומבנה המערכת האקולוגית.

שאלת המחקר השלישית בחנה כיצד תלמידים מתמודדים עם שאלות הדורשות הקשרים בין רמות ארגון שונות, תוך כדי לימוד בסביבת הלמידה. סביבת הלמידה, שנבנתה לפי המודל לארגון ידע של Linn, Davis & Eylon (2004), תוכננה כך שהשאלות הראשונות יציפו ידע קיים. שאלות אלו אינן דורשות אינטגרציה בין רמות ארגון שונות (קוהרנטיות אופקית), ולרוב לא דורשות גם אינטגרציה של נושאים השייכים לאותה רמת ארגון (קוהרנטיות אופקית). לאחר שלב הצפת הידע, התלמידים נשאלו שאלות הדורשות אינטגרציה של נושאים, ברמת מורכבות הולכת ועולה. חלק מהשאלות היוו קביים למענה על השאלות המאוחרות. כל למשל, בשאלה 17 בפעילות הכולרה (ראו נספח 2), התבקשו התלמידים לתאר עבור כל רמת ארגון מה מתרחש בה באדם שנדבק בכולרה. לאחר מכן, התבקשו התלמידים לתאר את מהלך המחלה, ולהשתמש בכמה שיותר רמות ארגון.

השוואה שנערכה בין שני תלמידים (טבלאות 6 ו-7), שאחד מהם לא שיפר את היכולת שלו לקשר בין נושאים השייכים לפרקי ליבה שונים ואילו השני שיפר יכולת זו, הראתה כי תלמיד שמשתמש ביותר מושגים במהלך התרגול, יצליח לקשר מושגים מרמות ארגון שונות גם בהמשך.

שאלת המחקר הרביעית שבחנה האם שימוש בפעילויות בסביבת הלמידה מאפשר לתלמידים להסביר תופעות ביולוגיות תוך שימוש בכמה רמות ארגון.

לפי איור 14, ניתן לראות כי לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה, שיפרו התלמידים את היכולת שלהם לענות על שאלות בביולוגיה באמצעות שימוש במושגים ממספר פרקי ליבה שונים. הדבר מתבטא בעליה בניקוד שקיבלו התלמידים לכל שאלון. אמנם השאלון שנשאלו התלמידים לאחר ההתנסות בסביבת הלמידה (שאלון 1) לא כלל בתוכו נושאים בהם עסקו התלמידים בסביבת הלמידה עצמה, אך יכול להיות שבעזרת השימוש בסביבה והתרגול התדיר של מענה במספר רב של רמות ארגון, גרם לתלמידים לראות כל שאלה לא רק כשאלה השייכת לנושא מרכזי אחז, שכל המושגים שייכים לרמת הארגון אליה הוא משתייך, אלא כאפשרות לכל שאלה להיות משוייכת למספר רמות ארגון שונות. יצירת ההקשרים בין רמות הארגון בשתי הפעילויות השונות, הראתה כי יכולים להיווצר קשרים כאלו גם במקרים אחרים.

שיפורים מוצעים בסביבת הלמידה

כאמור, חשיבה מערכתית מציבה בפני התלמידים אתגר, בו הם נדרשים לענות על שאלות מורכבות, שעלולות ליצור עומס קוגניטיבי רב (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). אולם נראה שהעומס הקוגניטיבי יורד בקרב תלמידים המנסים באמצעות עבודה בקבוצות קטנות לפתור בעיות מורכבות, יפחיתו מעליהם את העומס הקוגניטיבי (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). בכדי שלמידה תהיה יעילה, יש צורך לעורר ידע קיים אצל הלומד. תלמידים שצריכים לפתור בעיה מסוימת, ודנים בבעיה זו במסגרת קבוצתית, תורמים כל אחד מהידע הקיים אצלו בניסיון לפתור אותה. דיון קבוצתי זה גורם להפעלה של ידע שהיה קיים אצל הלומד (Schmidt, Loyens, Van Gog, & Paas, 2007). משהופעל הידע על ידי הלומד, כאשר ייחשף למידע חדש, הקשור למידע שהופעל, ללומד יהיה קל יותר לקשר בין הישן לחדש.

בעזרת הקישור הזה יבנה הידע בצורה יעילה ומתמשכת, בעלת הקשרים נרחבים, ולא בצורה של פיסות מידע מנותקות.

לפי Hmelo-Silver (2004) ניתן לפשט בעיות מורכבות, ולאפשר להגיע לפתרון שלהן בשלבים, באמצעות לימוד במעיין מעגל למידה, בו (1) מוצגת לתלמידים הבעיה, (2) התלמידים מזהים את העובדות, ועל סמך העובדות (3) מעלים היפותיזה לפתרון הבעיה. על מנת לבדוק האם ההיפותיזה נכונה, (4) התלמידים מזהים את ה"חורים" בידע הקיים אצלם, ובעזרת (5) לימוד עצמי ודיונים קבוצתיים רוכשים ידע חדש ובאמצעותו פותרים חלק מהבעיה. כעת, (6) בידי התלמידים עובדות חדשות, שיסייעו להם להעלות היפותזות נוספות שיסייעו להגיע לפתרון שלם של הבעיה שהוצגה בפניהם.

מגבלות המחקר

בסביבה אותה בניתי חסר הרכיב החברתי – הדיון בקבוצות קטנות בנוגע לידע הקיים ולידע שנאסף במהלך הפעילות. באמצעות שימוש בפעילויות מסוג "פורום" ודיונים כיתתיים שיתקיימו בתוך סביבת העבודה, הסביבה תאפשר לתלמידים להחצין את תהליכי החשיבה שלהם. כמו כן, פעילויות בהן התלמידים יתבקשו לחזות את התוצאות של תהליכים שונים, ולנמק את התחזית, ולבסוף גם לעמת אותה עם התוצאה האמיתית יכולים לתרום להבנת תהליכים מורכבים יותר. סביבת למידה כזו תאפשר לתלמידים לבחון נושא מכמה היבטים, דבר שיכול לאפשר לתלמידים לפתח הבנה טובה יותר של הנושא הנלמד (Linn, Davis, & Eylon, 2004).

בנוסף, הסביבה נבחנה אומנם על שתי קבוצות תלמידים, אך התלמידים כולם היו בעלי מאפיינים דומים, ולמדו כולם באותו בית הספר. כדאי יהיה להרחיב את העבודה, ולבדוק את הסביבה בבתי ספר נוספים, ולתת לתלמידים, בעלי מאפיינים שונים מהתלמידים שנבדקו, להתנסות בסביבת הלמידה.

שאלות להמשך מחקר

לתלמידים יש בעיה לעבור בין רמות ארגון שונות, דבר שגורם ליצירת תפישות שגויות (Sobieszczuk-Nowicka, Rybska, Jarmuzek, Adamiec, & Chylenska, 2018). בעבודה זו ראיתי מספר תפישות שגויות של תלמידים, שעלו במהלך העבודה בסביבת הלמידה (ראו דוגמה [בנספח 6](#)). יהיה מעניין לבדוק את התפישות השגויות העולות תוך כדי מענה על שאלות הדורשות מעבר בין מספר רמות ארגון.

- Ben-Zvi Assaraf, O & Dodick, J. (2013) High School Students' Understanding of the Human Body System. *Research in Science Education*, 33, 43
- Lewis, J, Leach, J & Wood-Robinson, C. (2000) 'What's in a cell? — young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*. 132-134, 3
- Verhoff, F, Boersma, K' T & Waarlo, A' J. (2008) 'Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*. 568-543, (04)30,
- Ben-Zvi Assaraf, O & Orion, N. (2005) 'Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*. 560–518, (5)42
- Knippels, M'-C. (2002) 'Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: the yo-yo learning and teaching strategy. *Knippels, Marie-Christine. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: the yo-yo learning and teaching strategy. (Ph.d. thesis). Utrecht: CD-B press.*
- Linn, M' C', Eylon, B'-S & Davis, E' A. (2004) 'The knowledge Integration Perspective on Learning. M' C' Linn, E' A' Davis & P' Bell, *Internet Environments for Science Education*. (29-46) Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Linn, M' C', Davis, E' A', Bell, P & Eylon, B'-S. (2004) 'Closing Thoughts: Internet Environments for Science Education. M' C' Linn, E' A' Davis & P' Bell, *Internet Environments for Science Education*. (341-351) Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Slota, J' D. (2004) 'The Web-Based Inquiry Science Environment (WISE): Scaffolding Knowledge Integration in the Science Classroom. M' C' Linn, E' A' Davis, P' Bell & I' E' Education, *Internet Environment for Science Education*. (203-232) Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Linn, M' C', Davis, E' A & Eylon, B'-S. (2004) 'The Scaffolded knowledge Integration Framework for Instruction. M' C' Linn, E' A' Davis & P' Bell,

- Internet Environment for Science Education*. (עמ' 47-72) Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kirschner, P', Sweller, J & ,Clark, R. (2006) . 'Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching . *Educational Psychologist*.86-75 ,(2)41 ,
- Hmelo-Silver, C' E & ,Pfeffer, M' G .(2004) .'Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions .*Cognitive Science*.138-127 ,(28)1 ,
- Jördens, J., Asshoff, R., Kullmann, H., & Hammann, M. (2006). Providing vertical coherence in explanations and promoting reasoning across levels of biological organization when teaching evolution. *International Journal of Science Education*, 38(6), 960-992.
- Schmidt, H', Loyens, S', Van Gog, T & ,Paas, F .(2007) .'Problem-Based Learning is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006) .(*Educational Psychologist*.97-91 ,(2)42 ,
- Düsing, K', Asshoff, R & ,Hammann, M .(2019) .'Students' conceptions of the carbon cycle: identifying and interrelating components of the carbon cycle and tracing carbon atoms across the levels of biological organisation .*Journal of Biological Education*.125-110 ,(1)53 ,
- Sobieszczuk-Nowicka, E', Rybska, E', Jarmuzek, J', Adamiec, M & ,Chylenska, Z .' .(2018)Are We Aware of What Is Going on in a Student's Mind? Understanding Wrong Answers about Plant Tropisms and Connection between Student's Conceptions and Metacognition in Teacher and Learner Minds . *Education Science*.(24)8 ,
- אלון, ב'-ש', אלדר, א', ברגר, ח', בגנו, א', & רונן, מ'. (2013) . אינטגרציה של ידע – פרספקטיבה קונסטרוקטיביסטית ללמידה והוראה, דוגמאות מתחום הפיזיקה 1. ב- צ' ליבמן, ללמוד, להבין, לדעת - מסע בנתיבי ההוראה הקונסטרוקטיביסטית (עמ' 194-233) . תל אביב: הקיבוץ המאוחד ומכון מופ"ת.
- משרד החינוך, אגף מדעים (2017), תכנית לימודים למתמחים בביוגיה מפרט התכנים – נושאי ליבה.

נספח 1 – שאלוני תלמידים

שאלה מספר 1: "עדר פרות רועה באופן קבוע בשדה מסוים. אטום פחמן במזון שאכלה פרה אחת הגיע בסופו לגופה של פרה אחרת. תארו מסלול אפשרי של אטום הפחמן מהמזון של הפרה הראשונה עד הגוף של הפרה השנייה."

תשובה מלאה צריכה לכלול הסבר בנושאים הקשורים לתהליך פירוק וספיגת מזון במערכת העיכול (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), הובלת החומרים שנספגו מהמזון בדם (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), הפקת אנרגיה בתאים (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הובלת תוצרי לוואי מהתאים (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), חילופי גזים (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), פוטוסינתזה (נושא ליבה: התא – מבנה פעילות, אקולוגיה), שרשראות מזון (נושא ליבה: אקולוגיה). ניתן היה גם להתייחס למחזורי החנקן (נושא ליבה: אקולוגיה).

שאלה מספר 2: "הסבירו כיצד השמדת החיידקים קושרי החנקן בבית גידול מסוים יכולה להשפיע על בעלי החיים באותו בית גידול."

תשובה מלאה צריכה לכלול הסבר בנושאים הקשורים למחזור החנקן (נושא ליבה: אקולוגיה), חומצות אמינו וחומצות גרעין (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הזנה ושרשראות מזון (נושא ליבה: אקולוגיה), חלבונים והפקת אנרגיה (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הומאוסטזיס (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס).

שאלה מספר 3: "אחד הגורמים אשר אפשרו במהלך האבולוציה התפתחות בעלי חיים בעלי טמפרטורת גוף קבועה, הומיאותרמיים, הוא מעי דק ארוך בעל מבנה פנימי מפותל. הסבירו מדוע."

תשובה מלאה צריכה לכלול נושאים הקשורים למבנה ותפקוד מערכת העיכול, ובעיקר המעי הדק (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), הפקת אנרגיה (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות) וויסות חום (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), תהליכים אבולוציוניים (נושא ליבה: אקולוגיה והתא – מבנה ופעילות).

שאלה מספר 4: "אקולוגים ממליצים להשתמש בפסולת אורגנית שהצטברה בבית (למשל קליפות של פירות וירקות) לשם דישון הגינה הביתית. הסבירו כיצד הצמחים יכולים לנצל את החנקן שבפסולת האורגנית הביתית."

תשובה מלאה צריכה לכלול הסבר בנושאים הקשורים לתהליך פירוק וספיגת מזון במערכת העיכול (נושא ליבה: גוף האדם), הובלת החומרים שנספגו מהמזון בדם (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), הפקת אנרגיה בתאים (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הובלת תוצרי לוואי מהתאים (נושא ליבה: גוף האדם),

חילופי גזים (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטיזיס), פוטוסינתזה (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות, אקולוגיה), שרשראות מזון (נושא ליבה: אקולוגיה). ניתן היה גם להתייחס למחזורי החנקן (נושא ליבה: אקולוגיה).

שאלה מספר 5: "הרנוג השיטים הוא צמח ירוק הגדל על עץ השיטה, ממנו הוא מקבל מים ומינרלים, ולעיתים מכסה אותו לחלוטין. מצב זה פוגע בעץ השיטה ועלול לגרום למותו. הסבירו מדוע עץ השיטה עלול למות, וכיצד הדבר עלול להשפיע על הרנוג השיטים."
תשובה מלאה צריכה לכלול הסבר נושאים הקשורים למחזור החנקן (נושא ליבה: אקולוגיה), חומצות אמינו וחומצות גרעין (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הזנה ושרשראות מזון (נושא ליבה: אקולוגיה), חלבונים והפקת אנרגיה (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), הומאוסטיזיס (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטיזיס).

שאלה מספר 6: "תאי הדם האדומים של אנשים החולים באנמיה חרמשית מקבלים צורה לא תקינה בגלל מוטציה בחלבון המוגלובין. צורה חרמשית זו מאפשרת קשירה של כמות חמצן מעטה אל תאי הדם האדומים, והופכת אותם לפחות גמישים ויותר שבירים. למוטציה הזו יש יתרון באזורים מוכי מלריה, ולכן רואים שם יותר פרטים הטרוזיגוטים מאשר באזורים שאינם מוכי מלריה. הסבירו מדוע היתרון הוא להטרוזיגוטים למוטציה ולא להומוזיגוטים."
תשובה מלאה צריכה לכלול נושאים הקשורים למבנה ותפקוד מערכת העיכול, ובעיקר המעי הדק (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטיזיס), הפקת אנרגיה (נושא ליבה: התא – מבנה ופעילות), תהליכים אבולוציוניים (נושא ליבה: אקולוגיה והתא – מבנה ופעילות).

התלמידים שענו על השאלון בספטמבר 2017 ענו על שאלות 1-3 (להלן: שאלון 1).
התלמידים שענו על השאלונים ב- 2018 ענו תחילה על שאלון שהכיל את שאלות 4-6 (להלן: שאלון 2), ולאחר ההתנסות בפעילויות בסביבת הלמידה ענו על השאלון שהכיל את שאלות 1-3 (שאלון 1).

דוגמאות לדרך בה נותחו תשובות התלמידים לכל אחת מהשאלות:

דוגמאות לתשובות תלמידים שהשתמשו במושגים מנושא אחד מתוך פרקי הליבה:

תלמיד 4, 2017, שאלה 1:

"פרה, פטריות וחיידקים מפרקים את הפחמן, הפחמן הופך לפחם שמשמששים בו בתהליכי שריפה, הוא משתחרר לאוויר, מגיע לצמח שנאכל על ידי פרה אחרת".

בתשובה זו התייחס התלמיד למחזור הפחמן (נושא ליבה: אקולוגיה) ולנושא ההזנה (נושא ליבה: אקולוגיה). אמנם יש אמירה שהפחמן הגיע לצמח, אבל חסר תיאור התהליך בו הפחמן האטמוספרי קובע והפך לחלק מהביומסה הצמחית.

תלמיד 9, 2017, שאלה 3:

"הם ספגו יותר חומרי מזון מהמעיי בגלל הסיסים והסיסונים שמאפשרים הגדלת יחס בין שטח פנים לנפח, וכך ספיגה יעילה יותר".

התלמיד מתייחס בתשובתו רק להתאמה בין המבנה לתפקוד של המעי הדק (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס).

תלמיד 18, 2018, שאלה 6:

"היתרון הוא להטרוזיגוטים מכיוון שהם לא מבטאים את המוטציה אך היא קיימת בדנ"א שלהם, כך שיש להם את היתרון על המלריה ותאי הדם שלהם תקינים."

המונחים: הטרוזיגוטים, מוטציה, דנ"א כולם לקוחים מנושא הליבה מא. גם האזכור של תאי הדם נעשה אך ורק ברמה התאית, ואין התייחסות לתפקוד בתוך מערכת ההובלה.

דוגמאות לתשובות תלמידים שהשתמשו במושגים משני פרקי ליבה שונים:

תלמיד 11, 2017, שאלה 1:

"מחזור אטום הפחמן בפרה:

הפרה אוכלת עשב, העשב הוא חומר אורגני הבנוי מקשרים של פחמן ומימן. במהלך הפירוק הכימי של המזון (תהליך העיכול) אצל הפרה הקשרים הכימיים בין הפחמן למימן מתפרקים. חלק מהמזון לא מתעכל ויוצא החוצה בתהליך ההפרשה בתום תהליך העיכול. הפחמן חוזר לקרקע ובקרקע עובר תהליך של פירוק על ידי מפרקים. פחמן זה משמש לגדילה של צמחים חדשים בקרקע הבנויים מתרכובות פחמן. את הצמחים הללו הפרה אוכלת."

בתשובה זו מתייחס התלמיד לתהליך העיכול (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס). למחזור הפחמן, חיידקים מפרקים והזנה (נושא ליבה: אקולוגיה). ניתן לראות כאן דוגמה נוספת לתלמיד שמתייחס לפחמן בתור חומר הדרוש לגדילת הצמחים, אך לא מתייחס לתהליך בו מקובע הפחמן.

תלמיד 23, 2018, שאלה 5:

"העץ מייצר חומרים אורגניים הנחוצים לתפקודו לבניית תאיו בתהליך הפוטוסינתזה. בתהליך זה אנרגיית אור שנקלטת מהכלורופיל בעלים הופכת לאנרגיה כימית האצורה בחומרים האורגניים שנוצרים בפוטוסינתזה, וכך הצמח מנצל את החומרים הנחוצים לו. כאשר הצמח הרנוג מכסה את עץ השיטה הוא מונע ממנו לקלוט אנרגיית אור מהשמש כך נקלטת בכמות קטנה או שבכלל לא נקלטת וכך נגרם נזק לתאי הצמח ולתפקודו ואף עלול לגרום למותו של הצמח. תהליך של טפילות בו הצמח הירוק מקבל מהעץ מים ומינרלים ואילו העץ ניזוק מהתפשטות הצמח."

התלמיד מתייחס לתהליך הפוטוסינתזה בשני היבטים: פוטוסינתזה כתהליך בו מומרת אנרגיית אור לאנרגיה כימית המשמשת לבניית הצמח (נושא ליבה: התא) וגורמים המשפיעים על עצמת הפוטוסינתזה (נושא ליבה: אקולוגיה). בנוסף, התלמיד מתייחס ליחסי גומלין מסוג טפילות (נושא ליבה: אקולוגיה).

דוגמאות לתשובות תלמידים שהשתמשו במושגים משלושה פרקי ליבה שונים:

תלמיד 2, 2017, שאלה 1:

"אטום הפחמן, שהיה חלק מן הפחמימות במזון של הפרה, נכנס למערכת העיכול של הפרה, שם התפרקו הפחמימות לגלוקוז. אטום הפחמן נספג למחזור הדם של הפרה והגיע לאחד מתאי גופה. במיטוכונדריה של התא הגלוקוז התפרק בתהליך הנשימה התאית למים, אנרגיה ופד"ח. הפד"ח נקלט ע"י הצמח בתהליך הפוטוסינתזה, ונוצרו ממנו פחמימות. הפרה השניה אכלה את הפחמימות, בהן אטום הפחמן מן המזון של הפרה הראשונה".

בתשובה זו יש התייחסות לתהליך העיכול, הספיגה וההובלה (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס). כמו כן, יש התייחסות לתהליכי נשימה תאית ופוטוסינתזה (נושא ליבה: התא) ולחומרים הבונים את התא (נושא ליבה: התא) ולהזנה (נושא ליבה: אקולוגיה).

תלמיד 44, 2018, שאלה 6:

"מחסור החמצן שנגרם בגלל אנמיה חרמשית מוביל לחולשה, סחרחורת ותסמינים נוספים שכולם מורידים את כשירות הפרט להעמדת צאצאים. אנמיה חרמשית היא מחלה רצסיבית, ולכן פרט הומוזיגוט שלוקה במחלה יסבול מהתסמינים הרבה יותר מהטרוזיגוט. המוטציה מעניקה יתרון באזורים מוכי מלריה מכיוון שהמלריה לא תוקפת תאי דם "חרמשיים" באותה מידה כמו תאי דם בריאים. לכן באזורים אלו המוטציה מעניקה יתרון, אך הטרוזיגוטים יסבלו פחות מתסמיני האנמיה מאשר הומוזיגוטים כך שיהיה להם יתרון גדול יותר".

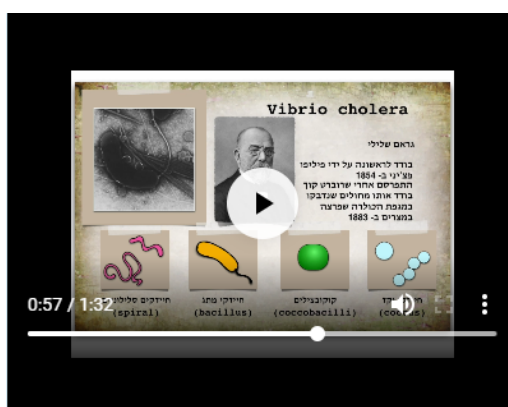
בתשובה זו ניתן למצוא התייחסות לחמצן בקשר ליכולת הנשיאה של תאי הדם האדומים (נושא ליבה: גוף האדם בדגש הומאוסטזיס), התייחסות לכשירות (נושא ליבה: אקולוגיה) והתייחסות למוטציות ולתורשה (נושא ליבה: התא).

פעילות 1: מחלת הכולרה

צפו בסרטון הבא, וענו על השאלות שאחריו :



1. רשמו עקרון ביולוגי המוצג בסרטון, והסבירו אותו בקצרה ברמות ארגון שונות.



בתוך המעיים שלנו חיה אוכלוסיה מגוונת של חיידקים, אליהם אנחנו נחשפים מרגע הלידה ובמהלך כל חיינו. החיידקים שחיים בתוך המעי שלנו נמצאים איתנו ביחסי גומלין של הדדיות, כאשר הם מרוויחים מזון וסביבת מחייה נעימה המתאימה לצרכיהם, ואנחנו מקבלים עזרה בעיכול מזונות מסוימים, יצור ויטמינים (למשל: ויטמין K) וגם הגנה מסוימת מפני חיידקים מחוללי מחלות.

2. בין החיידקים החיים במערכת העיכול שלנו לבין הגוף שלנו מתקיימים יחסי גומלין מסוג הדדיות. ביחסי גומלין מסוג זה כל הפרטים מרוויחים - גם אנחנו וגם החיידקים. אולם, בתוך המעי חיים סוגי חיידקים שונים. איזה יחסי גומלין יכולים להתקיים בין אוכלוסיות חיידקי המעי?

3. מלאו את הטבלה הבאה, העוסקת בסוגים שונים של יחסי גומלין המתקיימים בין אורגניזמים בטבע.

שימו לב, הסימן "+" בטבלה מסמל שהפרט מרוויח מהקשר, ואילו הסימן "-" מסמל שהפרט מפסיד מהקשר.

4. באילו מקרים מתקיים בין יצורים חיים קשר קיום מסוג תחרות? יש לבחור תשובה אחת:

בכל פעם שיצורים רבים זקוקים לאותו משאב קיום

כאשר יש מחסור במשאב קיום מסוים, לדוגמה, במים

בכל פעם שיצור חי אחד טורף יצור חי אחר

כאשר יש טורפים רבים באותה סביבה

5. מה קורה לשני יצורים שיש ביניהם קשר קיום מסוג טפילות? יש לבחור תשובה אחת:

הפונדקאי מפיק תועלת ואילו לטפיל נגרם נזק מקשר זה

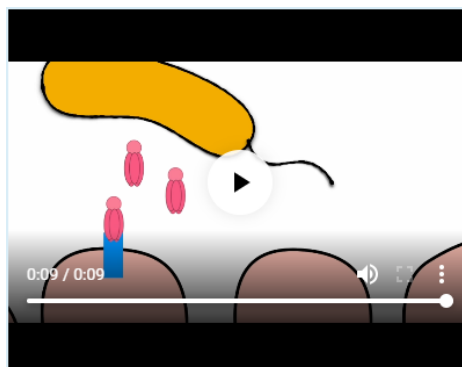
לשני השותפים בקשר זה, לטפיל ולפונדקאי, נגרם נזק

שני השותפים בקשר זה, הטפיל והפונדקאי, מפיקים ממנו תועלת

לפונדקאי נגרם נזק ואילו הטפיל מפיק תועלת מקשר זה



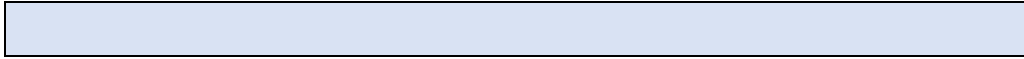
(סרטון המראה את התהליך המולקולרי של ההדבקה באופן מלא)



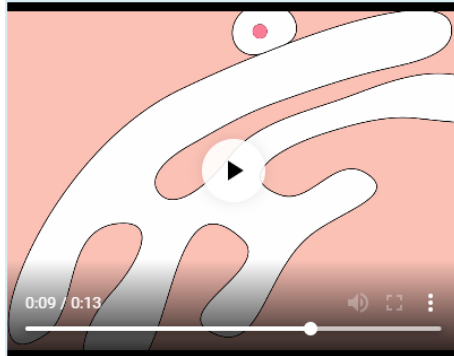
(סרטון המראה את שלב הצמדות הרעלן לקולטן)

6. התגלה שאדם מסויים, שנחשף לחיידק הכולרה, לא פיתח תסמיני מחלה, ולא חלה בכולרה.

בבדיקה התגלה שלאדם יש מוטציה בגן המקודד לקולטן. הסבירו כיצד מוטציה שכזו יכולה לגרום לעמידות בפני המחלה.



7. נניח שניתן להחדיר לתא המעי את הרעלן בשיטה אחרת, שלא כוללת קישור לקולטן המוטנטי. האם גם במקרה זה, לדעתכם, האדם לא יראה את תסמיני המחלה? הסבירו!

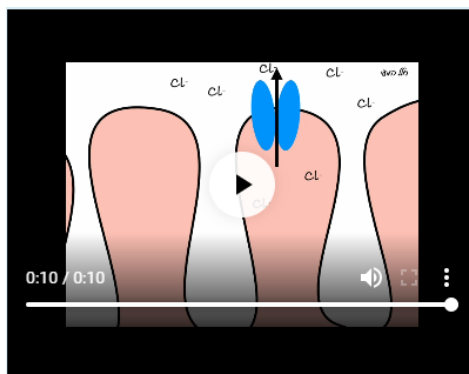


(סרטון המראה את שלב הפיכת הרעלן מלא-פעיל לפעיל)

8. גם בתהליך קרישת הדם אנחנו רואים מצב בו החלבון פיברין, המסיס בפלסמה, עובר חיתוך והופך לפיברינוגן הלא-מסיס, המאפשר את היווצרות הגלד הראשוני. במקרה של קרישת הדם, מה היתרון בכך שבדם יש חלבון במצב לא פעיל, ורק לאחר החיתוך הוא הופך לפעיל?



9. בשאלה הקודמת ראינו תאור נוסף של חלבון המיוצר בצורתו הבלתי-פעילה, ורק כאשר יש צורך בפעילותו הוא הופך לפעיל. ניתן למצוא חלבונים שכאלו, הנקראים זימוגנים (או: פרו-אנזימים), ברקמות ובאיברים שונים בגוף: רקמת הדם, בקיבה, וגם באורגניזמים שונים, דוגמת רעלן הכולרה. איזה עקרון ביולוגי בא לידי ביטוי בדוגמאות אלו?



(סרטון המראה את שלב היציאה של יוני הכלור)

10. התאימו בין ההגדרות:



11. השלימו :

12. התאימו בין המושג, המתאר ריכוז מומסים בתמיסה לעומת ריכוז המומסים בתא, לבין ההגדרה המתאימה לו:

13. תאים אנימליים ממקור זהה הוכנסו לתמיסות שונות. באיור שלפניכם מוצג איור המתאר כיצד נראו התאים השונים זמן מה לאחר הכנסתם לתמיסה. זהו את סוג התמיסה, והתאימו לכל חץ את סוג החומר שעל כיוון תנועו הוא מראה.

14. מה לדעתכם יקרה בעקבות יציאת יוני כלור מתאי המעי אל חלל המעי? הסבירו!

15. סדרו את האיורים, המתארים שלבים שונים המתרחשים לאחר החשיפה לחיידק הויבריו כולרה, לפי סדר התרחשותם.

16. ציינו את רמת הארגון המתוארת בכל אחד מהשלבים המתוארים בתמונה

17. במהלך הפעילות נחשפתם לתהליכים המתרחשים בגופו של אדם הנדבק בחיידקי הויבריו כולרה.

כעת, ננסה לארגן את התהליכים השונים, בהתאם לרמת הארגון בה הם מתרחשים. בטבלה שלפניכם מצויינות רמות ארגון שונות. עליכם לציין, באמצעות הסימן "+", האם ניתן לראות תהליך (או תהליכים) כלשהו, הקשור למחלת הכולרה, המתקיים ברמת ארגון זו, ואם כן, יש לתאר את התהליך (או התהליכים) המתקיים. רמות הארגון : אטום (יון), מולקולה, אברון, תא, רקמה, איבר, מערכת, אורגניזם, אוכלוסיה.

רמת ארגון	האם ניתן לראות תהליך ברמת ארגון זו?	תארו את התהליך אותו רואים ברמת ארגון זו
אטום/יון		
מולקולה		
אברון		
תא		
רקמה		
איבר		
מערכת		
אורגניזם		
אוכלוסיה		

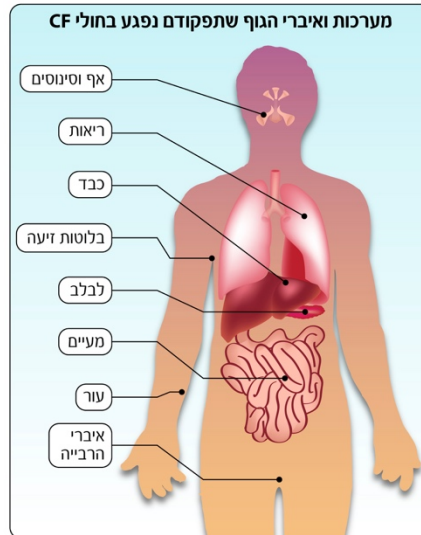
18. הסבירו מדוע חשיפה לרעלן הכולרה גורמת לשלשול חריף, שיכול להביא אפילו למוות. בתשובתכם התייחסו לנושאים מכמה שיותר רמות ארגון.

19. חוץ משלשול חריף, חולים במחלת הכורה נוטים להראות תסמיני מחלה נוספים, כגון: הפסקת שתן וטמפרטורת גוף נמוכה. בחרו אחד מהתסמינים הללו (הפסקת שתן או טמפרטורת גוף נמוכה), ונסו להסביר את המנגנון הגורם לו (ניסוחים אפשריים נוספים: למה לחולים בכולרה יש טמפרטורת גוף נמוכה? למה החולים במחלה נותנים מעט שתן, עד כדי הפסקה במתן השתן?)

20. חשבו על תופעה או מחלה מסויימת, ונסו לתאר אותה בכמה שיותר רמות ארגון.

פעילות 2: סיסטיק פיברוזיס – CF

סיסטיק פיברוזיס (בעברית: לייפת כיסתית, Cystic Fibrosis, בקיצור: CF) היא אחת מהמחלות התורשתיות הנפוצות באוכלוסיה הלבנה: אחד מ-20 נושא עותק אחד של האלל המוטנטי, והמחלה מופיעה באחת מתוך 2,500 לידות. המחלה באה לידי ביטוי בפגיעה במערכות גוף רבות, דוגמת: הריאות, הבלב, בלוטות הזיעה, מערכת העיכול ומערכת המין. CF מאופיינת בירידה בחדירות הקרום ליוני כלור (Cl⁻), הנובעת ממוטציות בגן CF (Gabriel, Brigman, Koller, Stutts, 1994 & Boucher).



1. אשה בהריון בצעה בדיקה גנטית (בדיקת מי שפיר) לעובר אותו היא נושאת ברחמה, וגילתה כי העובר הוא הומוזיגוט למוטציה בחלבון CFTR. המשמעות של ממצא זה היא שהילד שיוולד יהיה חולה בסיסטיק פיברוזיס.

ענו על שלוש השאלות הבאות:

- מהי המחלה סיסטיק פיברוזיס?
- אילו מערכות בגוף נפגעות כתוצאה מהמחלה?
- מה ההשלכות של פגיעה בכל מערכת שציננתם על חייו של הצאצא העתידי?

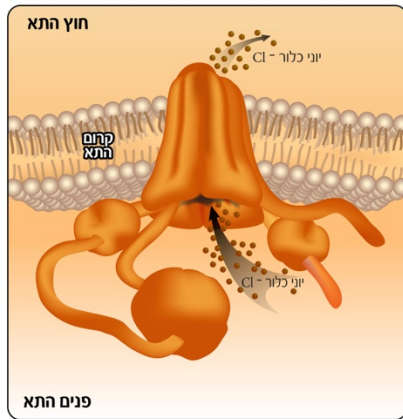


המחלה נגרמת כתוצאה מפגם בחלבון CFTR (קיצור של: Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator, או בעברית: וסת הולכה של סיסטיק פיברוזיס המעוגן בקרום התא). חלבון זה מעוגן בקרום של תאי אפיתל ויוצר תעלה המעורבת בהעברת יונים, במיוחד יוני כלור.

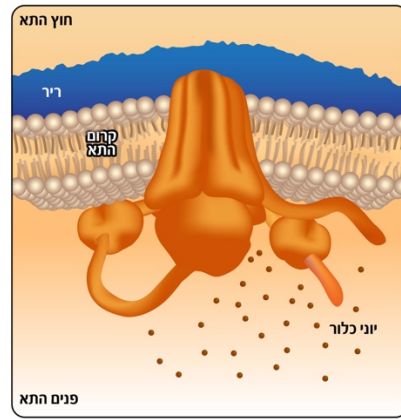
האיברים הפנימיים בגופינו מצופים ברקמת אפיתל המפרישה ריר. לשכבה רירית זו ישנם מספר תפקידים, בין היתר: שמירה על לחות הרקמה, ספיגה והעברה של מומסים והגנה על איברים מפני הגוף עצמו (למשל, בקיבה). צמיגות הריר תלויה בכמות המים המופרשים מהתאים אל הסביבה החוץ-תאית.

כאשר החלבון בנוי ופועל כהלכה, יוצאים דרכו יוני כלור מהתא אל הסביבה החוץ תאית. מעבר יוני הכלור אל הסביבה החוץ תאית מעלה את ריכוז היונים בה, דבר שגורם לירידה בריכוז המים. כתוצאה מכך יוצאים מים מהתאים אל הסביבה החוץ-תאית, והריר המופרש מתאי האפיתל נמצא בצמיגות המתאימה לביצוע תפקודיו.

כאשר יש מוטציה ב-DNA, והמידע ליצירת החלבון מכיל טעות, המשמעות היא שיכול להיווצר חלבון בעל מבנה לא תקין. בגלל המבנה הלא תקין של התעלה, לא עוברים דרכה יוני כלור. בגלל שאין מעבר של יוני כלור, אין מעבר של מים אל מחוץ לתאים. התוצאה היא ריר צמיג מאוד, שמומסים לא עוברים בו בקלות, והוא אף יכול לגרום להיצרות משמעותית ואף לסתימה של צינורות פנימיים בגוף - לדוגמה: סתימת הצינורית דרכה עוברים אנזימי העיכול מהלבלב אל התריסריון, סתימת צינורות זרע ועוד.



חלבון CFTR תקין



חלבון CFTR לא תקין

אז כיצד נקבע מבנה החלבון ?

צפו בסרטון המסביר על מבנה החלבון, וענו על השאלות שאחריו :



2. התאימו :

3. במה נבדלים חלבונים זה מזה ?

יש לבחור תשובה אחת או יותר :

מספר חומצות האמינו (אורך השרשרת)

רצף חומצות האמינו (הסדר שלהן)

סוג חומצות האמינו (משפיע על המבנה המרחבי)

צבע חומצות האמינו

4. כל החלבונים...

יש לבחור תשובה אחת :

בנויים משרשראות של חומצות אמינו

הם מרכיבים של מבנים בתאים

מכילים את כל חומצות האמינו

הם אנזימים

5. מדוע בשר פרה יכול לשמש מקור טוב לחלבונים בתזונת האדם?
יש לבחור תשובה אחת:

חלבוני הפרה זהים לחלבוני האדם, כי גם האדם וגם הפרה הם יונקים.

במערכת העיכול של האדם, חלבוני הפרה הופכים לחלבונים האדם.

חלבוני הפרה אינם מעוררים תגובה חיסונית באדם בגלל דמיונם לחלבוני האדם.

חלבוני האדם וחלבוני הפרה נבנים מאותן חומצות אמיניות.

6. תהליך הרכבת חלבונים מחומצות אמיניות מתרחש:
יש לבחור תשובה אחת:

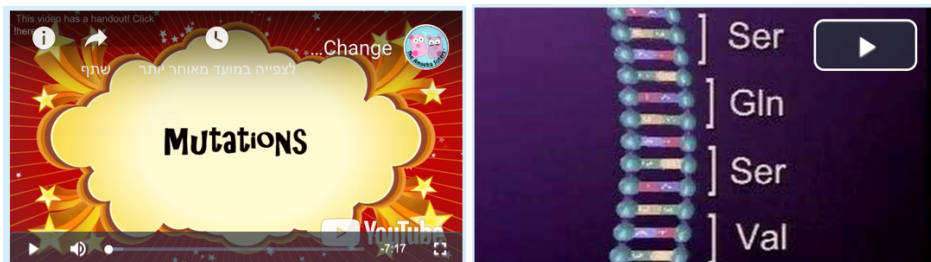
בתאים

במערכת העיכול

בדם

כל התשובות נכונות

צפו באחד הסרטונים (או בשניהם) המסבירים על מוטציות.



7. CFTR הוא חלבון שנמצא בתאים רבים בגופנו. **סיסטיק פיברוזיס** היא מחלה תורשתית שבה שונה החלבון CFTR של אדם חולה מזה של אדם בריא. זאת מפני שאדם בריא נבדל מאדם חולה ב:
יש לבחור תשובה אחת:

- ב- DNA וב- mRNA
- בשיטת הקשירה של ה- tRNA ל- mRNA
- בפעולת הריבוזומים וה- DNA
- ב- mRNA ובריבוזומים

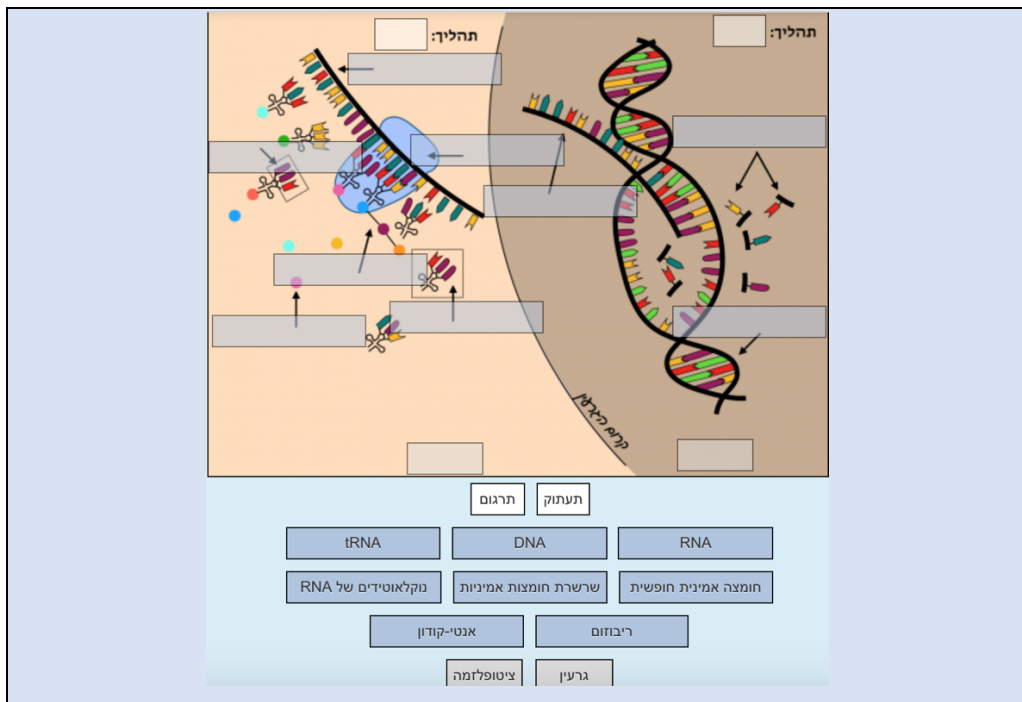
8. מהם טיפוסים מולקולות RNA הפעילים בתא, ומה תפקוד כל אחד מהם ?

9. כל מוטציה גורמת לשינוי בחלבון.

יש לבחור תשובה אחת :

- נכון
- לא נכון

10. סמנו על הקווים המתאימים בציור שלפניכם את המונחים : תעתוק ותרגום, וליד החיצים סמנו : RNA, DNA, tRNA, חומצה אמינית חופשית, שרשרת חומצות אמיניות, נוקלאוטידים מטיפוס RNA ריבוזום. קבעו היכן הגרעין והיכן הציטופלזמה.



11. מקטע מסוים של DNA מקודד לשלוש חומצות אמיניות. בטבלה שלפניך נתונים חלק מהנוקלאוטידים במקטע ה- DNA הזה, חלק מהנוקלאוטידים ב- mRNA המשלים לו, ואחת משלוש החומצות האמיניות שמקטע ה- DNA מקודד להן. מלא את התאים הריקים בטבלה, והעזר בצופן הגנטי המצורף.

מספר הנוקלאוטיד 1 2 3 4 5 6 7 8 9

גדיל DNA מתועתק C A G T

mRNA C A

tRNA

החומצות האמיניות Trp

טבלת הקוד הגנטי:

		בסיס שני				
		U	C	A	G	
בסיס ראשון	U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr STOP STOP	Cys Cys STOP Trp	U C A G
	C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
	A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
	G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G
						בסיס שלישי

12. הניחו כי בגדיל ה-DNA המתועתק התרחשה מוטציה נקודתית מסוג הוספת בסיס בין נוקלאוטיד 4 לנוקלאוטיד 5. איזו חומצה אמינית תהיה **שלישית** ברצף? נמקו את תשובתכם.

13. הסבירו: כיצד שינוי במבנה החלבון CFTR יכול לגרום להפרעה במעבר יוני הכלור?

אורי ודנה הם זוג צעיר המעוניין להביא ילדים. לפני שיחלו בתהליך, החליטו לעבור בדיקות גנטיות. הבדיקות הגנטיות בודקות הימצאותן של מוטציות ב-DNA. מוטציות כאלה, אם תמצאנה, עלולות לגרום למחלות תורשתיות. דנה ביצעה בדיקת דם, וכעבור 8 שבועות קיבלה תשובה כי בגן מסוים המצוי על כרומוזום 7 נמצאה מוטציה. המשמעות היא שדנה נשאית של המחלה סיסטיק-פיברוזיס (CF). מאחר ודנה נמצאה נשאית, ביצע גם אורי בדיקה גנטית למציאת מוטציות באותו הגן. בבדיקה נמצא שגם אורי נשא של המחלה סיסטיק-פיברוזיס.

14. מהי מוטציה?

15. מדוע גם אורי היה צריך לבצע בדיקה לאחר שהתברר שדנה נשאית של המחלה?

16. התאימו את התאור למקום הנכון

הגן ל-CFTR

כרומוזום 7

כרומוזום

קריוטיפ (תמונת כרומוזומים)

פרוטאופיפ (תמונת חלבונים)

כרומטידה

17. אחת מהמוטציות הגורמות לסיסטיק פיברוזיס נובעת מחוסר במספר נוקלאוטידים. לפניכם מקטע קטן מאוד, ובו השוואה בין מקטעים קצרים משני אללים המקודדים לחלבון CFTR. שימו לב – ההשוואה נערכת על גדיל אחד של כל אלל. מהו המקטע המתאר את האלל התקין, ומהו המקטע המתאר את האלל המוטנטי?

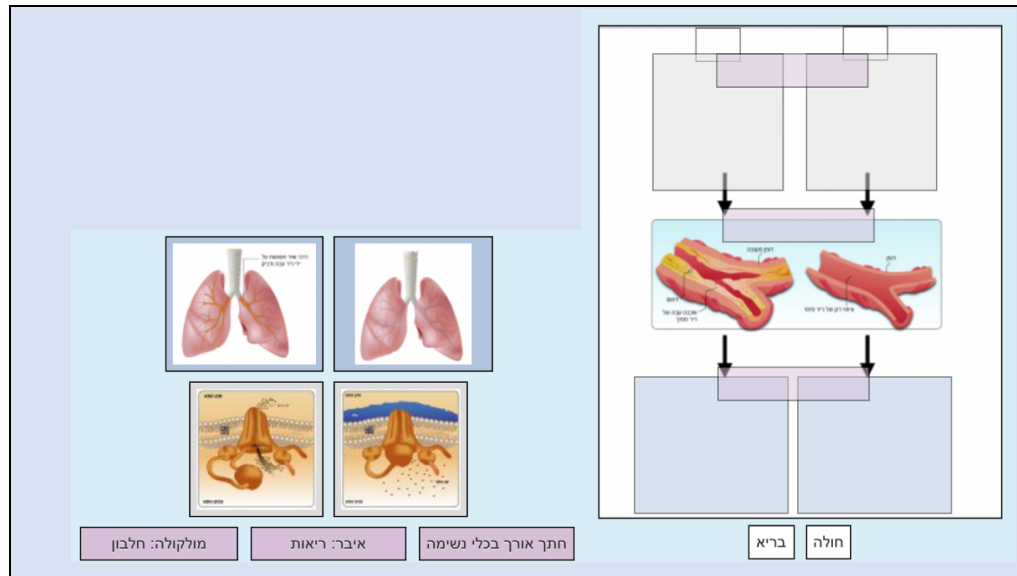
TTTAGTTTGATTATAAGAAGACTTTAAAGCTGTCAAGCCGTGTTCTAGATAAAAATAAGT

TTTAGTTTGATTATAAGA-----TGTCAAGCCGTGTTCTAGATAAAAATAAGT

אלל מוטנטי

אלל תקין

18. החליטו איזה מהתרשימים מייצג אדם בריא ואיזה אדם החולה ב-CF. התאימו את האיוורים והכיתובים למקומות הנכונים, בהתאם להחלטה זו.



19. חלק מהסימפטומים של המחלה סיסטיק פיברוזיס הם קשיי נשימה, עקב הצטברות שכבת ריר צמיגה, עקרות, עקב חסימה של צינורות הזרע, בעיות בספיגת מזון ממערכת העיכול ועוד.

הסבירו כיצד המנגנון המולקולרי מסביר את הסימפטומים של המחלה סיסטיק פיברוזיס. בתשובתכם, נסו להתייחס לשאלות הבאות: האם יש מעבר של נוזלים? מעבר של מומסים? אילו חומרים עוברים דרך קרומי התאים? דרך מה הם עוברים, ומה גורם להם לעבור?

20. מחקרים בעכברים הראו כי עכברים הומוזיגוטיים למוטציה בגן המקודד לחלבון CFTR, שהודבקו בחיידק הכולרה, לא הראו כלל מעבר של יוני כלור דרך משאבות ה-CFTR, ולא הראו תסמיני מחלה.

עכברים הומוזיגוטים לאלל התקין, שהודבקו בחיידק, הראו את תסמיני המחלה, הכוללים מעבר עודף ורציף של יוני כלור מתאי אפיתל המעי אל תוך חלל המעי, שלווה ביציאת מים מתאי הגוף אל חלל המעי. עליה זו בנפח המים בחלל המעי גרמה לשלשול חריף ואיבוד מים מאסיבי.

לעומתם, בעכברים הטרוזיגוטים, שהודבקו בחיידקי הכולרה, נצפה מעבר כמעט נורמאלי של יוני כלור אל חלל המעי, שלווה ביציאת מים, בקצב כמעט רגיל, אל חלל המעי. כלומר, העכברים ההטרוזיגוטים לא הראו את תסמיני המחלה. אחת המערכות הנפגעות אצל חולי סיסטיק פיברוזיס היא מערכת העיכול, שגם בה חלקים נסתמים בגלל הריר הצמיג.

האם, לדעתכם, כדאי להדביק חולי סיסטיק פיברוזיס בחיידקי הכולרה, על מנת להקל על תסמיני מחלת ה-CF?

בתשובתכם התייחסו לחולה עצמו, לבני משפחתו ולשאר האוכלוסייה אליה הוא נחשף.

נספח 3 – שאלות מתוך הפעילויות

להלן השאלות שנבחרו לביצוע הניתוח, והתשובות המצופות.

מתוך פעילות 1: מחלת הכולרה

6. התגלה שאדם מסויים, שנחשף לחיידק הכולרה, לא פיתח תסמיני מחלה, ולא חלה בכולרה.
בבדיקה התגלה שלאדם יש מוטציה בגן המקודד לקולטן.
הסבירו כיצד מוטציה שכזו יכולה לגרום לעמידות בפני המחלה.

מוטציה בגן המקודד לקולטן משמעה שבתהליך התרגום תתורגם מולקולת mRNA המכילה מידע מעט שונה, ולכן החלבון שאמור להיות קולטן יהיה בעל מבנה שונה מהחלבון המקורי. שינוי זה במבנה הקולטן יכול לגרום לכך שרעלן הכולרה לא יכנס אל התא. אם רעלן הכולרה לא יכנס אל התא, הוא לא יעבור את תהליכי העיבוד ב-ER, ולא תופעל כל שרשרת התהליכים התוך תאיים, שבסופה מופעלת משאבת יוני הכלור באופן רציף ולא מבוקר. פעילות תקינה של משאבן יוני הכלור תשמור על רמת יונים ורמת מומסים תקינה בתוך התאים ובחלל המעי, ולא ייווצר מצב בו יש יציאה של עודף יוני כלור, המלווה ביציאה של מים אל חלל המעי. אם אין מים עודפים במעי, לא נראה את תסמיני השלשול האופייניים לחולים במחלה.

7. נניח שניתן להחדיר לתא המעי את הרעלן בשיטה אחרת, שלא כוללת קישור לקולטן המוטנטי.
האם גם במקרה זה, לדעתכם, האדם לא יראה את תסמיני המחלה? הסבירו!

במקרה זה האדם כן יראה את התסמינים. לא חשוב איך הרעלן נכנס, אלא חשוב שהוא יכנס. כאשר הרעלן נמצא בתא – נראה את כל שרשרת התהליכים שתוארה בשאלה 7.
או:
הקישור של הרעלן לקולטן הוא זה שמוביל את הרעלן ל-ER, שם הוא עובר עיבוד. אם הרעלן לא קשור לקולטן, הוא לא יגיע ל-ER, ולא תתחיל כל שרשרת התהליכים המוזכרת.

14. מה לדעתכם יקרה בעקבות יציאת יוני כלור מתאי המעי אל חלל המעי? הסבירו!

התשובה צריכה לכלול:
התייחסות לשינוי במאזן האוסמוטי, יציאת מים באוסמוזה אל המעי, קישור לתוצרי העיכול שנמצאים במעי, שלשול.

16. ציינו את רמת הארגון המתוארת בכל אחד מהשלבים המתוארים בתמונה

שלב	רמת הארגון המתוארת
הצמדות רעלן לקולטן	מולקולה
חדירת הרעלן לתא	תא
עיבוד ב-ER	אברון
הפעלת משאבת כלור	מולקולה

	תא	יציאת יוני כלור מהתא
	רקמה, איבר	יציאת מים אל חלל המעי
	אורגניזם	שלשול
	אורגניזם	התייבשות חמורה

17. במהלך הפעילות נחשפתם לתהליכים המתרחשים בגופו של אדם הנדבק בחיידקי הויבריו כולרה.

כעת, ננסה לארגן את התהליכים השונים, בהתאם לרמת הארגון בה הם מתרחשים. בטבלה שלפניכם מצויינות רמות ארגון שונות. עליכם לציין, באמצעות הסימן "+", האם ניתן לראות תהליך (או תהליכים) כלשהו, הקשור למחלת הכולרה, המתקיים ברמת ארגון זו, ואם כן, יש לתאר את התהליך (או התהליכים) המתקיים. רמות הארגון:

אטום (יון), מולקולה, אברון, תא, רקמה, איבר, מערכת, אורגניזם, אוכלוסיה.

רמת ארגון	האם ניתן לראות תהליך ברמת ארגון זו?	תארו את התהליך אותו רואים ברמת ארגון זו
אטום/יון	+	תנועה של יוני הכלור בתא
מולקולה	+	רעלן הכולרה נקשר אל הקולטן. משאבת יוני הכלור פועלת באופן מוגבר.
אברון	+	הרעלן, לאחר שנכנס אל התא, עובר עיבוד ב-ER.
תא	+	הרעלן נכנס אל התא. בתוך התא מתקיימת שרשרת תהליכים, המשפיעים על משאבת יוני הכלור.
רקמה	+	מים יוצאים אל רקמת המעי
איבר	+	במעי הדק נמצאים תוצרי עיכול שהגיעו מהקיבה, ונמצאים בתהליכי פירוק. המעי הדק מתמלא במים שיוצאים מהתאים בעקבות יציאת יוני הכלור.
מערכת	+	המעי הוא חלק ממערכת העיכול.
אורגניזם	+	האדם שנדבק בחיידק הכולרה יסבול מתסמיני המחלה.
אוכלוסיה	+	המחלה מדבקת, ויכולה לגרום למגפה.

18. הסבירו מדוע חשיפה לרעלן הכולרה גורמת לשלשול חריף, שיכול להביא אפילו למוות. בתשובתכם התייחסו לנושאים מכמה שיותר רמות ארגון.

יש התייחסות לכל מה שמצוין בטבלה בשאלה 18.

19. חוץ משלשול חריף, חולים במחלת הכורה נוטים להראות תסמיני מחלה נוספים, כגון: הפסקת שתן וטמפרטורת גוף נמוכה.

בחרו אחד מהתסמינים הללו (הפסקת שתן או טמפרטורת גוף נמוכה), ונסו להסביר את המנגנון הגורם לו (ניסוחים אפשריים נוספים: למה לחולים בכולרה יש טמפרטורת גוף נמוכה? למה החולים במחלה נותנים מעט שתן, עד כדי הפסקה במתן השתן?)

הפסקת שתן – התייחסות לכל מה שמצוין בטבלה עד ליציאת המים. מהשלב הבא – ירידה במאזן המים בגוף, עליה בהפרשת ההורמון ADH, הפחתה בנפח השתן, עד לעצירתו.

טמפרטורת גוף נמוכה – התייחסות לכל מה שמצוין בטבלה עד ליציאת המים. מהשלב הבא – ירידה בכמות המים בגוף גורמת לירידה בנפח הדם. חישה של הנפח הנמוך, הפרשת הורמונים וכיווץ כלי דם היקפיים. פחות דם – פחות לחץ – זימה איטית יותר. מאחר והדם מסיע את החום שמופק בתאים בתהליך הנשימה התאית – יש פחות הסעה ופיזור של החום.

מתוך פעילות 2: סיסטיק פיברוזיס – CF

19. חלק מהסימפטומים של המחלה סיסטיק פיברוזיס הם קשיי נשימה, עקב הצטברות שכבת ריר צמיגה, עקרות, עקב חסימה של צינורות הזרע, בעיות בספיגת מזון ממערכת העיכול ועוד.

הסבירו כיצד המנגנון המולקולרי מסביר את הסימפטומים של המחלה סיסטיק פיברוזיס. בתשובתכם, נסו להתייחס לשאלות הבאות: האם יש מעבר של נוזלים? מעבר של מומסים? אילו חומרים עוברים דרך קרומי התאים? דרך מה הם עוברים, ומה גורם להם לעבור?

מוטציה בגן המקודד ל- CFTR ← חלבון לא תקין ← אין העברה של יוני כלור מחוץ לתא ← ריכוז המומסים בתוך התא גדול מריכוזם מחוץ לתא ← מעבר מים אל תוך התאים ← ריכוז המין מחוץ לתא נמוך ← הנוזל החוץ צאי נהיה צמיגי יותר.

דרכי הנשימה מצופים שכבה רירית, שמיעלת את התמוססות הגזים ← כאשר השכבה צמיגית, האוויר לא יכולה להתמוסס בקלות, מרחק הדיפוזיה גדל ← פחות חמצן מגיע לשרירים הבין צלעיים ← אין מספיק אנרגיה לכיווצם ← מנגנון השאיפה לא יעיל.

בעיות בספיגת מזון ← אם אפיתל המעי מכוסה בשכבה צמיגית, מרחק הדיפוזיה שחומרי ההזנה שהתעכלו צריכים לעבור גדל.

עקרות ← הזרע נע בתוך נוזל זרע. אם הנוזל צמיגי, תאי הזרע יתקשו לשחות בתוכו, ולכן לא יוכלו לנוע אל צינור מוביל הזרע, ואולי אף יתקשו לנוע בתוך מערכת הרבייה הנקבית מצוואר הרחם אל החצוצרות.

20. מחקרים בעכברים הראו כי עכברים הומוזיגוטיים למוטציה בגן המקודד לחלבון CFTR, שהודבקו בחיידק הכולרה, לא הראו כלל מעבר של יוני כלור דרך משאבות ה-CFTR, ולא הראו תסמיני מחלה.

עכברים הומוזיגוטיים לאלל התקין, שהודבקו בחיידק, הראו את תסמיני המחלה, הכוללים מעבר עודף ורציף של יוני כלור מתאי אפיתל המעי אל תוך חלל המעי, שלווה ביציאת מים מתאי הגוף אל חלל המעי. עליה זו בנפח המים בחלל המעי גרמה לשלשול חריף ואיבוד מים מאסיבי.

לעומתם, בעכברים הטרוזיגוטיים, שהודבקו בחיידקי הכולרה, נצפה מעבר כמעט נורמאלי של יוני כלור אל חלל המעי, שלווה ביציאת מים, בקצב כמעט רגיל, אל חלל המעי. כלומר, העכברים הטרוזיגוטיים לא הראו את תסמיני המחלה.

אחת המערכות הנפגעות אצל חולי סיסטיק פיברוזיס היא מערכת העיכול, שגם בה חלקים נסתמים בגלל הריר הצמיג.

האם, לדעתכם, כדאי להדביק חולי סיסטיק פיברוזיס בחיידקי הכולרה, על מנת להקל על תסמיני מחלת ה-CF?

בתשובתכם התייחסו לחולה עצמו, לבני משפחתו ולשאר האוכלוסייה אליה הוא נחשף.

זוהי שאלת עמ"ר, ויכולות להתקבל מגוון תשובות.

הציפיה היא כי התלמיד יתייחס להשפעה של רעלן הכולרה, לקולטן המוטנטי, השפעה על מערכות אחרות בגוף, והשפעה על האוכלוסייה, מאחר והכולרה היא מחלה מדבקת.

נספח 4 – טבלאות ניקוד התלמידים

ציון	3	2	1	
5	גוף + תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
7	שלושתם	שלושתם	אקו	שאלון 2, 2018
6	שלושתם	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	גוף + תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
4	תא + אקו	תא	אקו	שאלון 2, 2018
4	גוף + תא	תא	אקו	שאלון 2, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	גוף + תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	אקו	שאלון 2, 2018
5	תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	תא	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	תא	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
5	תא + אקו	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
5	תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
5	תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
3	תא	תא	תא	שאלון 2, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
2	תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	גוף + אקו	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
6	תא	שלושתם	תא + אקו	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
3	גוף	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	אקו	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
6	תא + אקו	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018

5	תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
4	גוף + תא	אקו	תא	שאלון 2, 2018
7	שלושתם	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
5	תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
4	גוף + תא	אקו	תא	שאלון 2, 2018
3	תא	אקו	אקו	שאלון 2, 2018
4	תא	תא + אקו	תא	שאלון 2, 2018
4	גוף	אקו	גוף + תא	שאלון 1, 2017
7	גוף + תא	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2017
4	גוף + תא	אקו	אקו	שאלון 1, 2017
4	גוף + תא	תא	אקו	שאלון 1, 2017
4	גוף	אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2017
6	גוף + תא	תא	שלושתם	שאלון 1, 2017
3	גוף	תא	גוף	שאלון 1, 2017
4	גוף	אקו	תא + אקו	שאלון 1, 2017
5	גוף	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2017
5	תא	תא + אקו	גוף + תא	שאלון 1, 2017
4	גוף	אקו	תא + אקו	שאלון 1, 2017
3	תא	תא	אקו	שאלון 1, 2017
4	גוף	תא	גוף + אקו	שאלון 1, 2017
4	גוף	אקו	גוף + תא	שאלון 1, 2017
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 1, 2017
4	גוף	תא	תא + אקו	שאלון 1, 2017
5	גוף + תא	אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2017
6	גוף + תא	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2017
9	שלושתם	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
5	גוף + תא	אקו	גוף + תא	שאלון 1, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
7	גוף + תא	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
7	גוף + אקו	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
5	גוף	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
3	גוף	אקו	אקו	שאלון 1, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
4	גוף	אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
9	שלושתם	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
6	גוף + תא	אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018

7	גוף + תא	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
4	גוף	אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
9	שלושתם	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
4	גוף	אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
8	שלושתם	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
7	גוף + תא	שלושתם	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
6	גוף	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	תא + אקו	שאלון 1, 2018
5	גוף + תא	אקו	תא + אקו	שאלון 1, 2018
8	גוף + תא	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
8	גוף + תא	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
6	גוף	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
6	גוף + תא	תא + אקו	גוף + אקו	שאלון 1, 2018
9	שלושתם	שלושתם	שלושתם	שאלון 1, 2018
7	גוף + תא	תא + אקו	שלושתם	שאלון 1, 2018
7	גוף + תא	שלושתם	גוף + אקו	שאלון 1, 2018

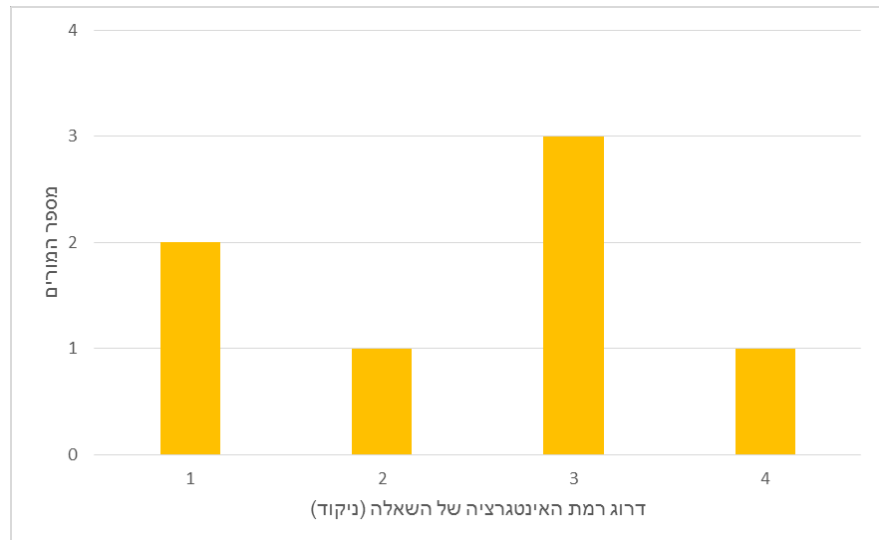
נספח 5 – סיכום נתוני שאלון תיקוף מורים

סיכום ממצאי שאלון תיקוף מורים:

ביולי 2017 ענו 7 מורים על שאלון שהכיל 6 שאלות, שניתנו בהמשך לתלמידים. המורים התבקשו לקבוע האם, לדעתם השאלה אינטגרטיבית, ואם כן – לדרג עד כמה היא אינטגרטיבית, בסולם הנע בין 1 ל- 7. בנוסף, התבקשו המורים לציין איזה נושאים מתכנית הלימודים צריכים להיות כלולים בתשובה לשאלה, או, במידה והשאלה לא אינטגרטיבית, לדעתם, מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית. להן סיכום התוצאות:

שאלה 1 – שאלון תיקוף (שאלה 4, שאלוני תלמידים):

אקולוגים ממליצים להשתמש בפסולת אורגנית שהצטברה בבית (למשל קליפות של פירות וירקות) לשם דישון הגינה הביתית. הסבירו כיצד הצמחים יכולים לנצל את החנקן שבפסולת האורגנית הביתית.



איור 16: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 1 בשאלון תיקוף המורים (4 בשאלוני התלמידים). $n=7$. הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 2.4.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

אקולוגיה, התא

מחזור החנקן, זיבול אורגני, מבנה החומרים בתא,

אקולוגיה- השפעת האדם על הסביבה, התא - חילוף חומרים, ההרכב הכימי של התא. תלוי לאיזו רמת פירוט את מצפה

מחזור החנקן, הזנה מינרלית, אבות המזון

אקולוגיה, תא

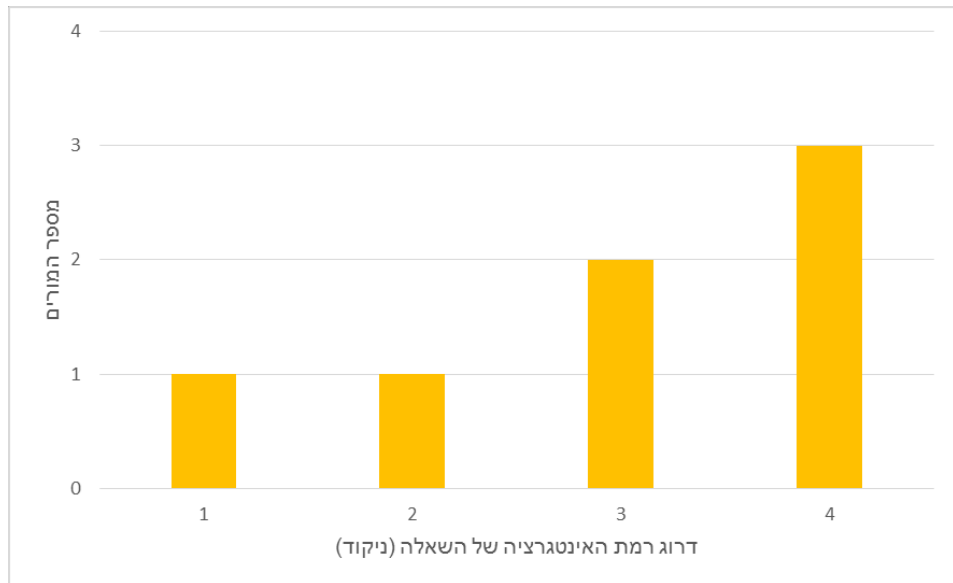
תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

נראה שהשאלה דורשת מהתלמיד לענות מתוך התייחסות אקולוגית בלבד, קיבוע חנקן ומחזור חנקן. האם התלמיד צריך לפרט על אנזימים שמשנים את תרגובת החנקן או על אופי הכניסה לתא הצמחי? בוודאי שלגוף האדם ולהומאוסטזיס אין קשר

לדעתי התשובה תתיחס למחזור החנקן ולא לרמה נוספת.

שאלה 2 – שאלון תיקוף (1 בשאלון התלמידים):

עדר פרות רועה באופן קבוע בשדה מסוים. אטום פחמן במזון שאכלה פרה אחת הגיע בסופו לגופה של פרה אחרת. תארו מסלול אפשרי של אטום הפחמן מהמזון של הפרה הראשונה עד הגוף של הפרה השנייה.



איור 17: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 2 בשאלון תיקוף המורים (1 בשאלוני התלמידים). $n=7$. הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 3.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

אקולוגיה, התא, גוף הפרה

נשימה תאית, פוטוסינתזה, מחזור הפחמן

התא (חילוף חומרים) אקולוגיה (מחזור הפחמן)

מערכת העיכול ומחזור הפחמן

מחזור הפחמן, נשימה תאית, הזנה ועיכול, אבות המזון ברמה של מבנה פחמימה, מבנה דופן התא

הצמחי, נשימה תאית, פוטוסינתזה

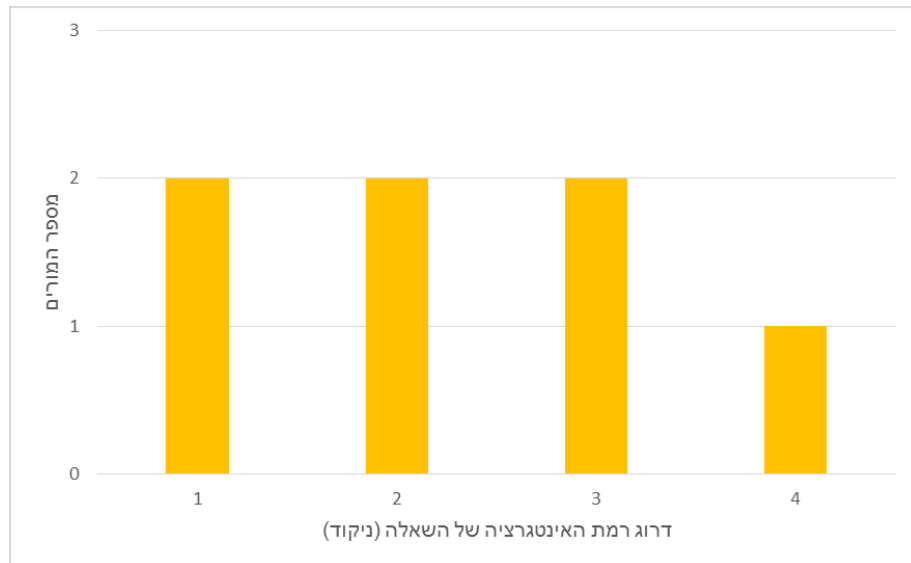
אקולוגיה, תא

תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

כרגע זה רק על מחזור הפחמן. אולי שאלה לגבי למה יכול לשמש אותו אטום פחמן במסלול מטבולי ספציפי

שאלה 3 – שאלון תיקוף (2 בשאלוני התלמידים):

הסבירו כיצד השמדת החיידקים קושרי החנקן בבית גידול מסוים יכולה להשפיע על בעלי החיים באותו בית גידול.



איור 19: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 3 בשאלון תיקוף המורים (2 בשאלוני התלמידים). $n=7$.
 הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 2.3.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

אקולוגיה, התא

קיבוע חנקן, קליטת מינרלים, בניית תרכובות אורגניות, הכרת החלבונים, מעבר חומרים במערכת

אקולוגית

מחזור החנקן, יחסי הזנה, ההרכב הכימי של התא, חילוף חומרים - רק אם את מבקשת השפעות ספציפיות

על בעלי החיים

מחזור החנקן, מבנה חלבונים, יחסי גומלין, יש לי בעיה עם השאלה הזאת, דברי איתי

אקולוגיה, תא

תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

התחושה אומרת שתלמיד צריך לשלוף ידע שקשור למחזור החנקן בלי להעמיק במושגים על התא.

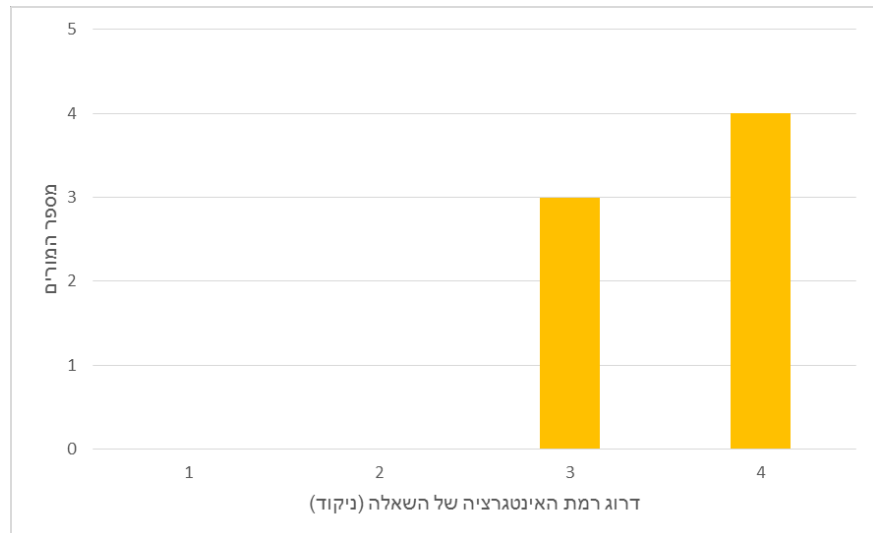
משהו שיכוון לשתי הרמות הרצויות כי כעת זה נראה כאילו התשובה מתייחסת למחזור חנקן ולא סרור

לאיזה נושא נוסף מתייחסים

שאלה 4 – שאלון תיקוף (3 בשאלוני התלמידים):

אחד הגורמים אשר אפשרו במהלך האבולוציה התפתחות בעלי חיים בעלי טמפרטורת גוף קבועה,

הומיאותרמיים, הוא מעי דק ארוך בעל מבנה פנימי מפותל. הסבירו מדוע



איור 20: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 4 בשאלון תיקוף המורים (3 בשאלוני התלמידים). $n=7$. הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 3.6.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

אקולוגיה, התא, גוף האדן

שמירה על חום גוף, נשימה תאית, עקרון הגדלת שטח פנים לנפח, עיכול המזון, אבולוציה

אבולוציה, הומאוסטזיס, גוף האדם (מערכת העיכול), נושא העמקה - פיזיולוגיה השוואתית

אבולוציה זה חלק מנושא האקולוגיה אבל ברור שהשאלה היא על מערכות בגוף האדם. כששואלים הסבירו מדעו אפשר לחשוב על התאמה במבנה ותפקוד אבל גם אפשר לחשוב על אדפטציה של יצור חי שיש לו מעי דק... ולחשוב במונחים אבולוציוניים. האם צריך את שני ההסברים?

הומיאותרמים, מערכת העיכול, אבולוציה

הומיאוסטזיס, הומותרמיות, נשימה תאית, עיכול, סביבה פנימית, חיצונית לא בטוחה שאני וודעת לענות על השאלה שנגאית מזה אינטגרטיבית

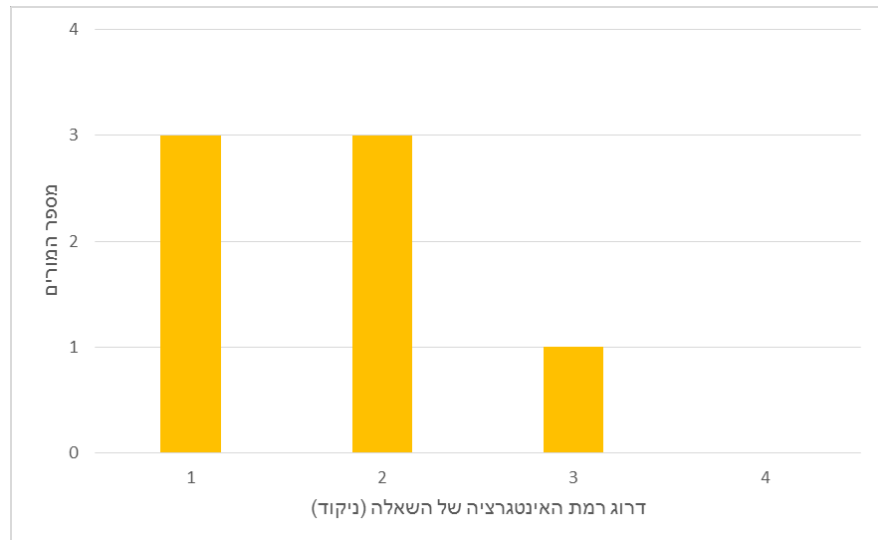
אקולוגיה, פיזיולוגיה השוואתית במבט התפתחותי

תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

אין התייחסות, כל המורים ציינו כי השאלה אינטגרטיבית.

שאלה 5 – שאלון תיקוף (5 בשאלוני התלמידים):

הרנוג השיטים הוא צמח ירוק הגדל על עץ השיטה, ממנו הוא מקבל מים ומינרלים, ולעיתים מכסה אותו לחלוטין. מצב זה פוגע בעץ השיטה ועלול לגרום למותו. הסבירו מדוע עץ השיטה עלול למות, וכיצד הדבר עלול להשפיע על הרנוג השיטים.



איור 21: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 5 בשאלון תיקוף המורים (5 בשאלוני התלמידים). $n=7$. הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 1.7.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

אקולוגיה התא

יחסי גומלין, פוטוסינתזה

יחסי גומלין, הזנה

יחסי גומלין, פוטוסינתזה, הזנה מינרלית....

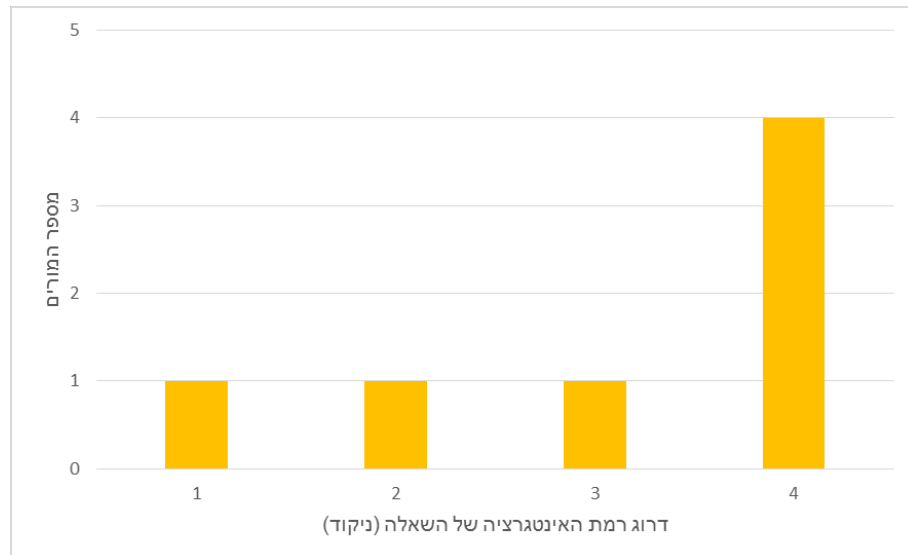
תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

כרגע זה אקולוגיה יחסי גומלין... אולי אם דוגמת הטפיל יהיה טפיל של אדם, אפשר יהיה לקשר למערכות שונות בגוף האדם. או אם תהיה דרישה לתשובה ברמת התא ולא האורגניזם השלם שוב נראה שהשאלה האקולוגית (יחסי גומלין) לא דורשת מהתלמיד לשלוף ידע מתוך פרק התא

התייחסות להבטים תאיים, למנגנון

שאלה 6 – שאלון תיקוף (6 בשאלוני התלמידים):

תאי הדם האדומים של אנשים החולים באנמיה חרמשית מקבלים צורה לא תקינה בגלל מוטציה בחלבון המוגלובין. צורה חרמשית זו מאפשרת קשירה של כמות חמצן מעטה אל תאי הדם האדומים, והופכת אותם לפחות גמישים ויותר שבירים. למוטציה הזו יש יתרון באזורים מוכי מלריה, ולכן רואים שם יותר פרטים הטרוזיגוטים מאשר באזורים שאינם מוכי מלריה. הסבירו מדוע היתרון הוא להטרוזיגוטים למוטציה ולא להומוזיגוטים.



איור 22: דירוג רמת האינטגרציה של שאלה 6 בשאלון תיקוף המורים (6 בשאלוני התלמידים). $n=7$.
הניקוד הממוצע של רמת האינטגרטיביות של שאלה זו: 3.1.

תשובות המורים לשאלה: איזה נושאים מתכנית הלימודים כלולים בתשובה לשאלה?

התא, גוף האדם, גנטיקה

גנטיקה מנדלית, מבנה ותפקיד תא הדם האדום, מוטציות

תא - מוטציות, תורשה, תורשה רפואה וחברה. גוף האדם - מערכת הדם

אני מבין שאבולוציה נמצא באקולוגיה אבל כמובן יש כאן את נושא התא ואפילו את גוף האדם. השאלה מספקת הזדמנויות לענות עליה באופו אינטגרטיבי

תורשה, מוטציות, מערכת ההובלה, אבולוציה

גנטיקה

תשובות המורים לשאלה: מה חסר לשאלה בכדי שתהיה אינטגרטיבית:

קישור לנושאים נוספים פרט לתא ותורשה

חלוקת השאלות לשאלונים, על פי הדרוג הממוצע של רמת האינטגרטיביות של כל שאלה, שניתן על ידי שבעת המורים:

מספר שאלון	ניקוד ממוצע	מספר שאלה (שאלון מורים)
2	2.4	1
1	3	2
1	2.3	3
1	3.6	4

2	1.7	5
2	3.1	6

נספח 6 – שאלון נושאי העמקה

שאלון נושאי העמקה

שלום,

כתוצאה מהשינויים בתכנית הלימודים, עלה צורך, הן מהשטח והן מהפיקוח, לפתח חומרי הוראה ולמידה. אנו, בקבוצת הוראת הביולוגיה במכון ויצמן למדע, מפתחים פעילויות וחומרי למידה לשימוש מורים ותלמידים. נשמח אם תמלאו שאלון זה על מנת שנוכל לפתח תוכניות המתאימות ביותר לצרכיכם, המורים. הזמן הנדרש למילוי השאלון הינו 3-5 דקות.

תודה על שיתוף הפעולה,

ד"ר יעקב ז'ורניסקי, ד"ר בת-שחר דורפמן והדס גרדי,

קבוצת הוראת הביולוגיה, מכון ויצמן למדע.

* ותק בהוראת ביולוגיה (מספר שנים): _____

* מגדר

זכר

נקבה

* מהו סוג בית הספר בו את/ה מלמד/ת?

ממלכתי

ממלכתי דתי

חינוך התיישבותי

מגזר חרדי

מגזר ערבי

אחר: _____

* איזה נושא העמקה בחרת ללמד בשנת הלימודים האחרונה?

בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית

פיזיולוגיה השוואתית בהיבט התפתחותי: מחד-תאיים ליונקים

חיידקים ונגיפים בגוף האדם

צרכי הוראה תשע"ז – חיידקים ונגיפים בגוף האדם

עבור הנושא שלימדת, אנה דרג מ- 1-5 עד כמה היה קל או קשה (1=קל, 5=קשה), עבורך כמורה:

* לחבר את התכנים של הנושא לנושאי הליבה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לשלב פעילויות מעשיות בהוראת הנושא (למשל: מעבדה/מעבדה וירטואלית/סיור וכיוב').

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להיות בקיא בתכני הלימוד.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לתכנן רצף הוראה בנושא.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

חיידקים ונגיפים בגוף האדם תשע"ז – מידת הקושי עבור התלמידים

* מה מבחינתכם הקשיים המרכזיים בהוראה בנושא זה? _____
* אם הייתה לכם אפשרות לתת לתלמידיכם להשתמש בפעילות מתוקשבת בנושא, מה אתם חושבים שחשוב לכולל בה? _____

עבור הנושא אותו לימדת בשנה האחרונה, אנה דרג מ- 1-5 עד כמה היה קל או קשה (1=קל, 5=קשה), עבור התלמידים:

* להבין את הרעיונות הקשורים להתרבות חיידקים

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את יחסי הגומלין ההדדיים של חיידקים החיים בגופנו

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* ליישם את עקרונות קוץ

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין שחיידיקים גורמי מחלות הם מיעוט

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לקשר את פעילות החיידיקים המזיקים לפעילות מערכת החיסון

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין רעיונות הקשורים למנגנוני פיתוח עמידות בחיידיקים

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את מחזור חייו של הנגיף

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את הקושי במתן טיפול תרופתי כנגד נגיפים

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לזכור ולשנן פרטים מתוך חומר הלימוד

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לנתח גרפים הנוגעים לנושא זה

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לענות על השאלות שהופיעו בבגרות

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* למצוא עניין בנושא

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

האם היה קושי מרכזי נוסף שלא פורט למעלה? אגא פרט/י. _____

* כיצד ניתן לסייע למורים להתגבר על הקשיים?

אגא סמך/י שתי דרכים עיקריות:

- השתלמות העשרה בתכנים הנכללים בנושא
- השתלמות בדרכי הוראה
- השתלמות בדרכי הערכה
- פיתוח חומרי הוראה – ספרי לימוד
- פיתוח חומרי הוראה – סימולציות ופעילויות מתוקשבות
- סדנאות מורים על כל פרק העמקה לחוד.
- אחר: _____

* נימוקים לבחירת נושא ההעמקה:

לפניך רשימת נימוקים שהועלו ע"י מורים בסקר קודם. אנא סמן/י לגבי הנושא שלימדת השנה את הנימוקים שלך לבחירתו (ניתן לסמן עד 3 נימוקים).

אם יש נימוק שלא הוזכר ברשימה, אנא הוסף אותו.

- נושא קל
- נושא קשה ולכן כדאי ללמד
- חופף לנושאים אחרים (חוסך זמן ומקל)
- שימושי למעבדה
- שימושי לעבודת הביוחקר
- מעניין
- תורם לחינוך לבריאות
- חשוב להשכלה כללית
- יש יישום לחיי היום-יום
- נוגע לאדם
- נמצא בחזית המדע
- מתקשר יפה לנושאי הליבה
- נותן תמונת עולם שלמה
- מדגים עקרונות ביולוגיים
- נושא שבהתמחות המורה
- נלמד בכיתות קודמות
- יש ספרי לימוד מתאימים
- יש אפשרות לשילוב המחשב (פעילויות מתוקשבות/מעבדות מקוונות/סימולציות וכיב')
- אחר: _____

* האם לימדת נושא אחר בשנת הלימודים תשע"ו?

- כן
 לא

← מי שעונה "לא" – מועבר לדף סיום השאלון. מי שעונה "כן", מופנה לשאלון המשך:

נימוקים לשינוי נושא בחירה

* אם שינית את בחירתך מהשנים הקודמות, מהם הנימוקים לשינוי הבחירה? ניתן לסמן עד 2 תשובות. אם יש סיבה אחרת, אנא פרטי:

- גיוון למורה
 שינוי באוכלוסיית התלמידים
 השגים בבחינת הבגרות
 היקף הנושא (זמן/קושי)
 ספרי לימוד
 בקשות התלמידים
 אחר: _____

* איזה נושא בחרת ללמד בשנת הלימודים תשע"ו?

- בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית
 פיזיולוגיה השוואתית בהיבט התפתחותי: מחד-תאיים ליונקים
 חידקים ונגיפים בגוף האדם

צרכי הוראה תשע"ו – בקרה על ביטוי גנים והנדסה גנטית

עבור הנושא שלימדת, אנא דרג מ-1-5 עד כמה היה קל או קשה (1=קל, 5=קשה), עבורך כמורה:
* לחבר את התכנים של הנושא לנושאי הליבה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לשלב פעילויות מעשיות בהוראת הנושא (למשל: מעבדה/מעבדה וירטואלית/סיור וכיוב').

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להיות בקיא בתכני הלימוד.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לתכנן רצף הוראה בנושא.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

הנדסה גנטית תשע"ו – מידת הקושי עבור התלמידים

- מה מבחינתכם הקשיים המרכזיים בהוראה בנושא זה?
 - אם הייתה לכם אפשרות לתת לתלמידכם להשתמש בפעילות מתוקשבת בנושא, מה אתם חושבים שחשוב לכלול בה?
 - כיצד אתם מטפלים בקשיים הנ"ל, והאם הרגשתם שזה סייע להתגבר קשיים אלו?
 - עבור הנושא שלימדתם, אנה בחרו שלושה רעיונות הכי קשים לתלמידכם מהרשימה הבאה
 - תפיסת הגן כחלק ממולקולת הדנ"א
 - ההבדל בין גנים, דנ"א ומידע גנטי
 - התפיסה שגן הוא המידע ליצירת חלבונים
 - ההיגיון והמנגנון של ביטוי גנים ויצירת החלבונים (הדוגמה המרכזית של הביולוגיה המולקולרית)
 - הרעיון של בקרת ביטוי הגנים
 - הקשר בין הנושא לחוויות היום-יום של התלמידים
 - חשיבות ההנדסה הגנטית ברפואה ובחקלאות
 - כלים ושיטות של ביולוגיה מולקולרית מודרנית. למשל, PCR, פלסמידים, אנזימי הגבלה ושיבוט.
- אחר: _____

צרכי הוראה תשע"ו – פיזיולוגיה השוואתית בהיבט התפתחותי: מחד-תאיים ליונקים

עבור הנושא שלימדת, אנה דרג מ-1 עד 5 כמה היה קל או קשה (1=קל, 5=קשה), עבורך כמורה:
* לחבר את התכנים של הנושא לנושאי הליבה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לשלב פעילויות מעשיות בהוראת הנושא (למשל: מעבדה/מעבדה וירטואלית/סיור וכיוב').

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להיות בקיא בתכני הלימוד.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לתכנן רצף הוראה בנושא.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* מה מבחינתכם הקשיים המרכזיים בהוראה בנושא זה? _____

פיזיולוגיה השוואתית תשע"ו – מידת הקושי עבור התלמידים

עבור הנושא אותו לימדת, אנה דרג מ-1-5 עד כמה היה קל או קשה (1=קל, 5=קשה), עבור התלמידין:

* להבין את הרעיונות שקשורים לאבולוציה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את המכניזם של אבולוציה וברירה טבעית.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להתנתק ממחשבה טלאולוגית.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין שלא לכל תכונה יש יתרון.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את הרעיונות שקשורים לפיסיולוגיה עצמה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את המנגנונים של המערכות השונות.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להפנים את המושגים (למשל שמות איברים ושמות חומרים) שנלמדו.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את הקשר בין מבנה המערכות לתפקודן.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין פונקציות משותפות בין מערכות מקבילות המצויות ביצורים שונים.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את ההבדלים בין מערכות מקבילות הנמצאות ביצורים שונים.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין כיצד התפתחו המערכות באופן שונה ביצורים שונים.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין רמות ארגון שונות.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין את התמונה השלמה של כל מערכת ולא רק להתרכז בפרטים.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לנתח גרפים הנוגעים לנושא זה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לנתח סכמות הנוגעות לנושא זה.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* להבין כיצד התפתחו המערכות באופן שונה ביצורים שונים.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* לענות על השאלות שהופיעו בבגרות.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* למצוא עניין בנושא.

	1	2	3	4	5	
קל	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	קשה

* האם היה קושי מרכזי נוסף שלא צוין מעלה? אנא פרטי.
* אם היתה לך אפשרות לתת לתלמידיך להשתמש בפעילות מתוקשבת בנושא, מה לדעתך חשוב לכלול בה?

נספח 7 – תפיסה שגויה של תלמידים – מעבר חומרים בתמיסה איזוטונית

במהלך בחינת התשובות של התלמידים לפעילות, ראיתי שחלקם מתקשים להבין מה קורה כשמכניסים תא לתמיסה איזוטונית. מתוך 15 תלמידים שנבדקו, 6 טעו בחלק הזה של השאלה (לא התייחסתי כרגע לטעויות בהגדרה של תמיסה היפרטונית/היפוטונית, למרות שהיו 2 תלמידים שלא סימנו נכון).

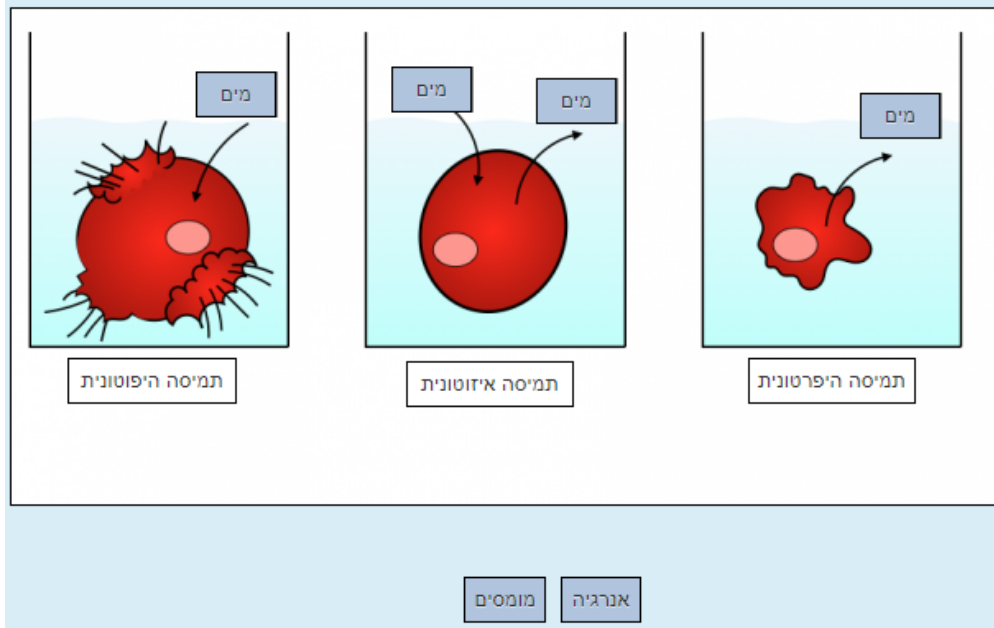
השאלה:

תאים אנימליים ממקור זהה הוכנסו לתמיסות שונות. באיור שלפניכם מוצג איור המתאר כיצד נראו התאים השונים זמן מה לאחר הכנסתם לתמיסה. זהו את סוג התמיסה, והתאימו לכל חץ את סוג החומר שעל כיוון תנועו הוא מראה.

תמיסה היפרטונית תמיסה איזוטונית תמיסה היפוטונית

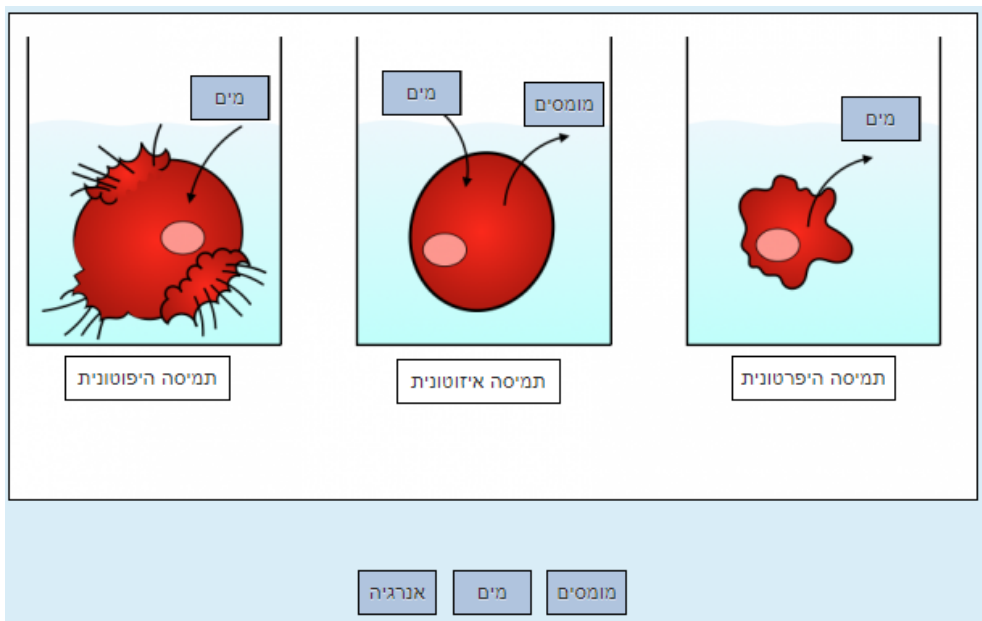
מים אנרגיה מומסים

התשובה הנכונה:

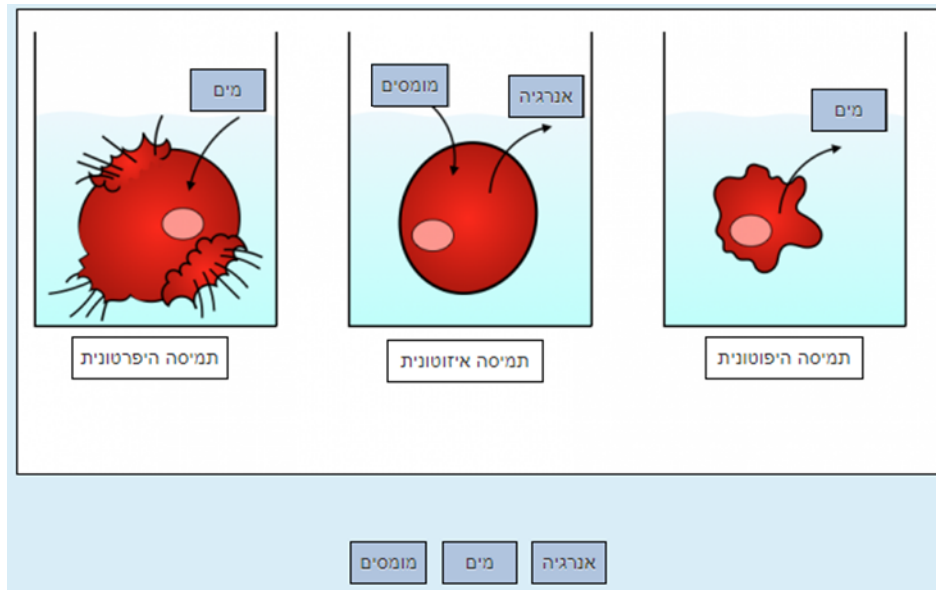


ענו נכון: 9/15

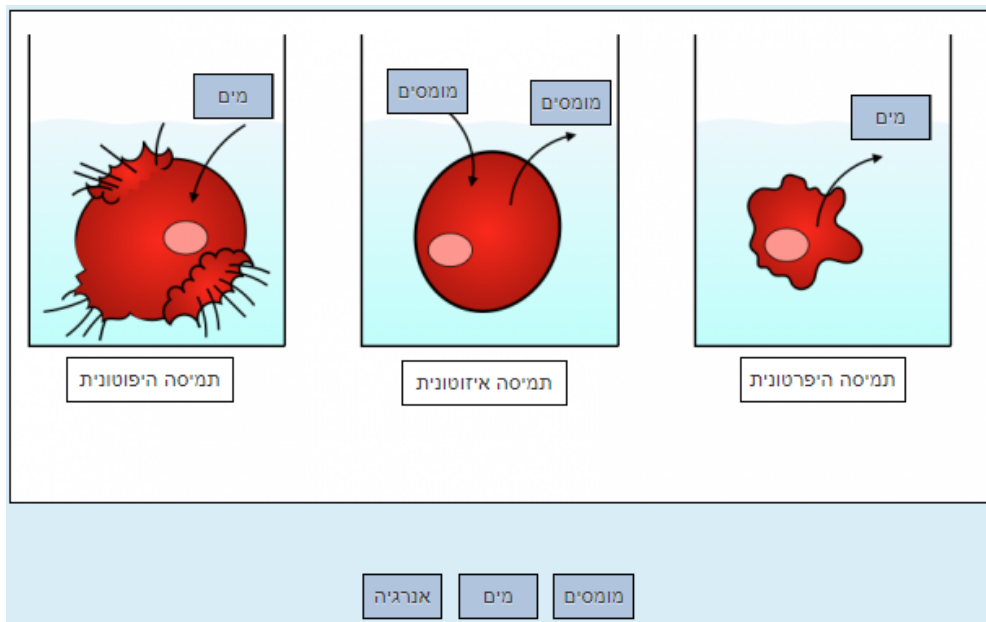
תשובות שגויות של תלמידים:



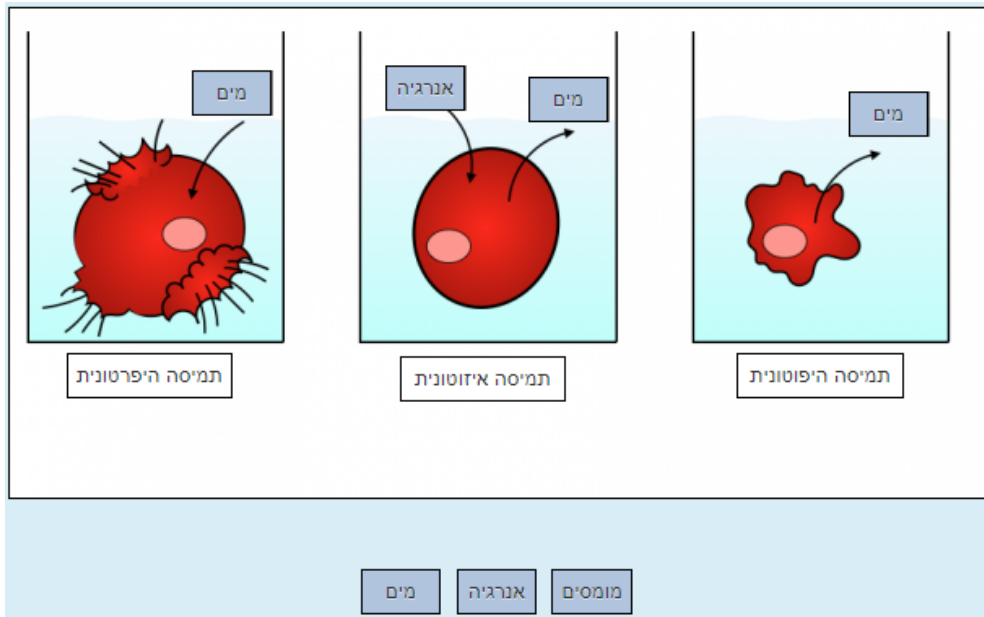
ענו: 2/15



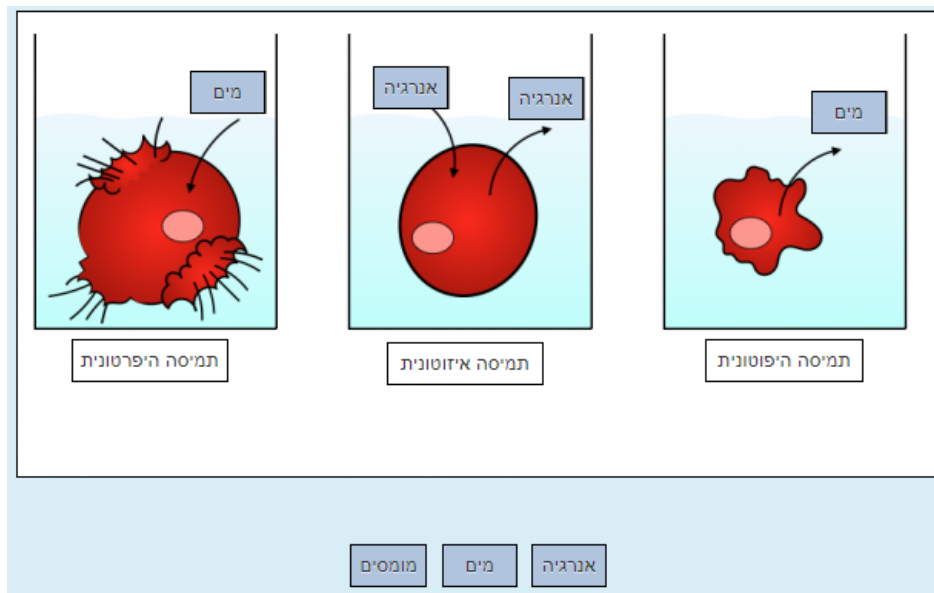
ענן: 1/15



ענן: 1/15



ענו: 1/15



ענו: 1/15