



מרכז ארצי למדע וטכנולוגיה
לבית הספר היסודי

חינוך לחשיבה בלימודי מדע וטכנולוגיה



תפיחת בצק
בידוד משתנים

דגם הוראה

שנה"ל תשע"א



מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



האגף לתכנון ופיתוח
תכניות לימודים



המרכז לחינוך
מדעי וטכנולוגי



אוניברסיטת
תל-אביב



מרכז מורים ארצי למדע וטכנולוגיה לבית-הספר היסודי

ראש המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי פרופ' רפי נחמיאס

ניהול אקדמי ד"ר מירי דרסלר

פיתוח ליאורה סלע, ד"ר מירי דרסלר
מרכז ארצי למדע, אוניברסיטת תל-אביב

קראו והעירו ד"ר צופיה יועד, יורם אורעד
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך

עורכת גרפית רחל שמיר

הוצאה לאור מרכז ארצי למדע, אוניברסיטת תל-אביב, 2010
ת.ד: 39040, מיקוד: 61390, טלפון: 03-6409633

תודה עמוקה לכל המדריכים והמורים אשר האירו את עיננו
בתהליכי הפיתוח וההטמעה של דגמי ההוראה.

פרויקט המבוצע על-ידי אוניברסיטת תל אביב על-פי מכרז מס' 6/1.07
עבור האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים,
המזכירות הפדגוגית,
משרד החינוך

E-mail: lamda@post.tau.ac.il

דגם הוראה: תפיחת בצק

בידוד משתנים

חלק א: מבוא כללי

הנושא הלימודי

דגם ההוראה **תפיחת בצק** מציג אסטרטגיה להוראה ישירה של אסטרטגיית החשיבה **בידוד משתנים** בהקשר לשאלת החקר "**מה גורם לבצק לתפוח?**". ההתנסות בדגם כוללת את מרכיבי החקר המדעי – תצפית, שאלת שאלות, ניסוח השערות, תכנון וביצוע ניסוי, איסוף תוצאות והסקת מסקנות – בדגש על **בידוד משתנים**. תוצאות ומסקנות החקר עתידים לשמש בסיס להבניית ידע אודות תהליך הנשימה בשמרים והשימוש שהאדם עושה בשמרים בעיבוד מזון (תפיחת בצק). הדגם מיועד לתלמידי כיתה ה' והיקף השעות הנדרש להוראה הוא כ-4 שעות.

הקשר לתכנית הלימודים

מזון ותזונה: נושא מרכזי "**האדם, התנהגותו, בריאותו ואיכות חייו**", תת נושא 6.7, מזון ותזונה – שימוש ביצורונים (מיקרואורגניזמים) בתעשיית המזון, עמוד 68, תכנית הלימודים "לימודי מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי", תשנ"ט.

יצורונים (מיקרואורגניזמים): נושא מרכזי: "**עולם היצורים החיים**", תת נושא 5.6, מושגי יסוד – יצורונים (מיקרואורגניזמים), עמוד 67, תכנית הלימודים "לימודי מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי", תשנ"ט.

נשימה: נושא מרכזי "**האדם, התנהגותו, בריאותו ואיכות חייו**", תת נושא 6.5, נשימה – נשימה ביצורים חיים אחרים, עמוד 57, תכנית הלימודים "לימודי מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי", תשנ"ט.

אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים": במסמך סטנדרט המיומנויות, סטנדרט משנה ב.2.1 "מרכיבי החקר כולל **בידוד משתנים**, מערכת הבקרה, חזרות" בדגש על: הכרת מאפייני הניסוי (**גורמים נבדקים, גורמים קבועים, בקרה, חזרות** ושימוש בכלי מדידה) והבנת חשיבותם.

מטרות

בתחום מיומנויות ואסטרטגיות החשיבה

- התלמידים יכירו את מרכיבי אסטרטגיית החשיבה **בידוד משתנים**: זיהוי גורמים העשויים להשפיע על התופעה הנבדקת, בחירת גורם אחד שהשפעתו תיבדק, תכנון מערך הניסוי תוך הקפדה על גורמים קבועים שיכולים להשפיע.
- התלמידים יבינו את הצורך והחשיבות של הפעלת אסטרטגיית החשיבה **בידוד משתנים** בתכנון ובביצוע ניסוי מבוקר.

ידע מוקדם

בתחום מיומנויות ואסטרטגיות החשיבה

- התלמידים יודעים לנסח שאלת חקר.
- התלמידים יודעים לנסח השערות מדעיות.
- התלמידים מודעים לחשיבות שיש לחזרות בניסוי.
- התלמידים יודעים לנסח תוצאות ומסקנות מניסוי.
- התלמידים יודעים למדוד נפח בעזרת משורה.

שיטות ודרכי הוראה

- הוראה ישירה: הוראה מפורשת ומונחית של אסטרטגיית החשיבה.
- למידה שיתופית: עריכת ניסויים בקבוצות ודיון.
- למידה התנסותית: עריכת תצפיות וניסויים.
- מארגני חשיבה: שימוש במארגני חשיבה (מילולי וגרפי) להמשגת האסטרטגיה.

כלים וחומרים

- לכיתה (הדגמה): בצק שמרים נוזלי למחצה שמרכיביו הם: 200 גרם קמח, 35 גרם שמרים, 2 כפות סוכר, $3/4$ כוס מים; קערה שקופה/משורה רחבה.
- לקבוצה: שתי צלוחיות, 100 גרם קמח, 10 גרם שמרים, סוכר, כפית, משורות, מאזניים, מד טמפרטורה.

הקשרים לתכניות לימודים

לימודי מדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי (תשנ"ט)

אפשר לשלב הוראה ישירה של אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" בכל נושא לימודי המזמן תהליך חקר מדעי שמטרתו לבדוק השפעה של גורמים על תופעה נצפית. כמו למשל, השפעת גורמים על נביטת צמחים, הקשר בין סוגי הקרקע לקצב חלחול המים, השפעת מאמץ גופני על קצב הנשימה/קצב לב, השפעת תנאי סביבה על יצורים חיים, הקשר בין סוג החומר למוליכות חשמלית ועוד.

רקע תיאורטי

שמרים ובצק

שמרים הם יצורים חד תאיים השייכים לקבוצת הפטריות. כמו כל היצורים החיים, גם שמרים ניזונים, נושמים, מתרבים, מפרישים ומתים. השמרים ניזונים מסוכר, קולטים מן הסביבה חמצן ופולטים פחמן דו-חמצני בתהליך הנשימה. בסביבה שאין בה חמצן, הם מבצעים נשימה אל-אווירנית שבה הסוכר מתפרק בתאיהם לכוהל ולפחמן-דו-חמצני.

כאשר יש לשמרים תנאים מתאימים (למשל מזון, כמו סוכר, וטמפרטורה מתאימה) הם מתרבים במהירות. לשמרים יש כמה צורות רבייה, אחת מהן היא הנצה. זוהי דרך של רבייה אל-זוויגית שבה גרעין התא מתחלק לשני גרעינים (אחרי הכפלת החומר התורשתי) ואחד מהם נודד אל בליטה (מעין ניצן) שהתא מצמיח. בסיום התהליך הניצן נפרד מגוף האם ומתקבלים שני תאים. בהתבוננות מבעד למיקרוסקופ בתרחיף של שמרים ניתן לראות תאים בודדים ולעיתים גם תאים בשלבי הנצה.

אנחנו מנצלים שמרים בתהליכי עיבוד מזון בעיקר לצורך ייצור משקאות חריפים ובהתפחת בצק לצורך הכנת לחם ומיני מאפה. כיצד זה קורה? כאשר מוסיפים לשמרים מים וסוכר, הם מתחילים להתרבות וכעבור זמן מה רואים תסיסה – אלה הן הבועות של הגז פחמן-דו-חמצני שנפלט בעקבות תהליך הנשימה. הגז שנפלט נכלא בבצק וגורם לתפיחתו. כאשר אופים את הבצק, הגז מתפשט ומתנדף החוצה. החללים זעירים שנותרו במאפים הם עדות לפחמן הדו-חמצני שהיה כלוא שם קודם לכן.

להרחבה נוספת

נחמן, ב', טייכמן, נ', 1995. **מערכות במדע וטכנולוגיה – יצורונים**, מדריך למורה וספר התלמיד חט"ב, המנהל הפדגוגי, האגף לתכניות לימודים, משרד החינוך.
בן ברק, ק', 2000. **העולם הנסתר מן העין – על חיידקים, שמרים ושאר יצורים חיים**, מצוינות 2000, העמותה למצוינות בחינוך, ירושלים.

אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים"

חקירה מדעית כוללת מספר מרכיבים בסיסיים: ניסוח שאלת חקר, ניסוח השערות, ביצוע ניסוי/תצפית, איסוף תוצאות והסקת מסקנות. כאשר תהליך החקירה המדעית כולל השערה הבודקת קשר סיבתי בין גורמים, יש צורך לבדוד בניסוי כל גורם אפשרי כדי שאפשר יהיה לוודא איזה מבין הגורמים משפיע על התופעה הנצפית. האסטרטגיה של קביעת הגורמים המשפיעים ותכנון מערך ניסוי שבו בודקים גורם משפיע אחד בלבד ואותו משנים נקראת **בידוד משתנים**. בידוד משתנים במהלך ניסוי הוא תנאי הכרחי לבדיקת ההשפעה הייחודית של כל אחד מהגורמים האפשריים (האם הוא משפיע או לא משפיע) על תוצאות של ניסוי.

מבחינה מעשית, **בידוד משתנים** מחייב לשנות רק גורם אחד בכל פעם בעוד יתר הגורמים נשארים קבועים. כדי לבדוק את השפעתו של גורם מסוים על התופעה הנצפית, על מערך הניסוי לכלול שתי קבוצות: **ניסוי ובקרה**. בקבוצת הניסוי נבדק הגורם המשפיע על ידי שינוי ערכו בעוד שבקבוצת הבקרה אותו גורם אינו משתנה (נשאר קבוע). בניסוי מבוקר יש לוודא שגם בקבוצת הניסוי וגם בקבוצת הבקרה כל יתר הגורמים שעשויים להשפיע יהיו קבועים. להלן דוגמה לתכנון ניסוי שבו ארבעה מהגורמים קבועים הן בקבוצת הניסוי והן בקבוצת הבקרה ורק הגורם הנבדק שונה. ארגון מידע בטבלה (תכנון ניסוי) יכול לשמש כמארגן גרפי לאסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים בניסוי".

טבלה: תכנון ניסוי

תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי
	5	4	3	2	1		
	+	+	+	+	+	ניסוי	1
	+	+	+	+	-	בקרה	

בטבלה מפורט מה נדרש מהתלמידים כדי להפעיל את אסטרטגיית החשיבה **בידוד משתנים**¹, שפת החשיבה ודוגמאות לשאלות מטה-קוגניטיביות שמומלץ לשלב בתהליך הלמידה של האסטרטגיה².

מה נדרש מהתלמידים כדי להפעיל אסטרטגיה זו	שפת החשיבה	דוגמאות לשאלות מטה-קוגניטיביות
● לזהות את הגורמים שעשויים להשפיע על התופעה/המשתנה התלוי; ● לתכנן ניסוי מבוקר; ● להגדיר את הגורם שהשפעתו תיבדק בניסוי; ● להגדיר בניסוי את התנאים הקבועים לגבי שאר הגורמים; ● להסיק מסקנה תקפה על סמך תוצאות הניסוי.	להגדיר, לבדוד, לשקול, לזהות, לקבוע, לבחון השפעה, לבחור, לבדוק, לבדוד, קשר סיבה-תוצאה (האם גורם "x" הוא הסיבה ל-"y"?)	● מה היו שיקולי הדעת בבחירתכם לבדוד דווקא גורם זה? ● באלו מקרים נחוץ להשתמש באסטרטגיה זו? מדוע? ● מדוע חשוב היה לשמור על שאר הגורמים קבועים? ● מדוע בדיקת שני גורמים בבת אחת אינה מסייעת למציאת הגורם המשפיע או הגורמים המשפיעים על התופעה? ● הסבירו לחבר שלא נכח בכיתה, מה משמעות בידוד המשתנים.

להרחבה נוספת

זוהר, ע', וינברגר, י', 1996. **חשיבה במדע – פיתוח חשיבה בביולוגיה**, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

זוהר ע', 1996. **ללמוד, לחשוב וללמוד לחשוב**, מכון ברנקו וייס לטיפול חשיבה.

1 מתוך: המסמך "אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה", מסמך מנחה למתכנני תכניות לימודים ארציות ומקומיות ולמפתחי חומרי

למידה, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, 2009

2 ראו הערה 1.

חלק ב: מהלך ההוראה

בדגם ארבעה חלקים:

חלק א "רגע לפני... הזמנה לחקר" נועד להזמין את התלמידים לחקר באמצעות תצפית בתופעה - בצק שהולך ותופח. התופעה מזמינה שאילת שאלות, ניסוח שאלת חקר והעלאת השערות.

חלק ב "בודקים את ההשערות" נועד להבנות את אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" בהקשר לשאלת החקר "מה גורם לבצק לתפוח"? ההבנייה נעשית בשני שלבים: 1. תכנון וביצוע ניסוי לבדיקת השערה אחת באמצעות הבנייה ישירה ומפורשת של אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים"; 2. תרגול ויישום של האסטרטגיה בבדיקת השערות נוספות.

חלק ג "רגע אחרי..." נועד להביא את התלמידים למודעות (באמצעות תהליכים רפלקטיביים ומטה-קוגניטיביים) אודות התרומה של אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" לתכנון ולביצוע ניסוי מדעי תקף ומהימן וכן לפתח אצלם ידע מטה-אסטרטגי אודות אסטרטגיית החשיבה שהופעלה. כמו כן, בחלק זה עורכים רפלקציה על תהליכי הלמידה והחשיבה שהתלמידים חוו (הצלחות, קשיים והצעות לייעול ושיפור).

חלק ד "תרגול ויישום" נועד לערוך העברה של אסטרטגיית החשיבה שנלמדה.

חלק א: רגע לפני... הזמנה לחקר

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
מטרות בחלק זה מזמינים את התלמידים להתנסות בתהליך חקר מדעי. ההזמנה כוללת שלושה שלבים: 1. תצפית בתופעה 2. שאלת שאלות וניסוח שאלת החקר 3. ניסוח השערות	1. התלמידים יתנסו בתיאור פרטים באמצעות תצפית בתופעה. 2. התלמידים ישאלו שאלות וינסחו שאלת חקר מרכזית שעולה בעקבות התצפית בתופעה. 3. התלמידים ינסחו השערות מדעיות לשאלת החקר.
היערכות מכינים בצק שמרים נוזלי למחצה (ראו רשימת חומרים בסעיף כלים וחומרים). יש להכין את הבצק לפחות 10 דקות לפני מועד התצפית כדי לאפשר לבצק לתפוח. את הבצק מניחים בתוך קערה שקופה גדולה. בתחילת התצפית מסמנים את הגובה שאליו מגיע הבצק בקערה. לחילופין ניתן לחלק את הכיתה לקבוצות, ובכל קבוצה להניח את הבצק במשורה רחבה, כך השינוי המתרחש בנפח הבצק יהיה בולט יותר.	
א. תצפית בתופעה מושיבים את התלמידים סביב קערת הבצק ומבקשים מהם לערוך תצפית בבצק במשך כ-20 דקות לערך. לתאר אותו ולבדוק בכל פרק זמן (למשל, 5 דקות) האם "משהו" משתנה בו. במידת הצורך, מכוונים את התלמידים להתבונן בשינוי הבולט: נפח הבצק משתנה (ללא שינוי כמות הבצק). במקביל לזמן תצפית (במהלך 20 הדקות) אפשר לתת משימות לימודיות נוספות, כמו, למשל, קריאת קטעי מידע על שמרים, נשימה וכדומה, הקשורים בנושא הנלמד.	דוגמאות לשאלות א. תצפית בתופעה 1. ערכו תצפית בבצק שלפניכם. תארו את הבצק. התייחסו למראה (צבע, צורה), לצבע, למרקם, לריח ועוד. 2. עקבו כל כמה דקות אחר המתרחש. בדקו מה קורה לנפח הבצק במשך 20 דקות לפחות.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
ב. שאילת שאלות וניסוח שאלת החקר הבצק שהולך ותופח עתיד ליצור גירוי לשאילת שאלות. חשוב לדובב את התלמידים לשאול שאלות רבות ככל האפשר ומתוך השאלות שעלו לנסח שאלת חקר אחת מרכזית ומכלילה. ניסוחים אפשריים לשאלת חקר יכולים להיות למשל: מה גרם לבצק לשנות את נפחו (לתפוח)? מדוע הבצק שינה את נפחו (תפח)? אילו גורמים יכולים להשפיע על תפיחת בצק? וכדומה. מוצע לאזכר בשלב זה את המאפיינים של שאלות טובות כפי שהוצגו בדגם ההוראה "בעל החיים שלי".	דוגמאות לשאלות 1. נסחו שאלות בעקבות התצפית בתופעה. כתבו לפחות חמש שאלות. 2. הציגו את השאלות במליאת הכיתה. 3. מתוך השאלות שעלו בכיתה, נסחו שאלת חקר מרכזית על התופעה שבה אתם צופים.
ג. ניסוח השערות לאחר גיבוש שאלת החקר מבקשים מהתלמידים להעלות השערות לשאלת החקר שנוסחה. בשלב הראשון חשוב לעודד את התלמידים להעלות השערות רבות ככל האפשר (זהו שלב של חשיבה מסתעפת) גם אם ההשערות אינן נראות הגיוניות. בשלב הבא מבקשים מהם לבדוק באופן בקורתי האם ההשערות שהועלו הן השערות מדעיות (שלב של חשיבה מתכנסת). את הבדיקה יש לערוך באמצעות שני קריטריונים עיקריים: 1. ההשערות מבוססות על עדויות ו/או על ידע מדעי, 2. ההשערות ניתנות לבדיקה (לאישוש ולהפרכה) באמצעות ניסוי.	דוגמאות לשאלות 1. נסחו לפחות שלוש השערות לשאלת החקר. 2. נמקו מדוע חשוב להעלות השערות רבות. השערה מדעית: • היגד שמטרתו להסביר תופעה. • מבוססת על עדויות ו/או ידע מדעי. • ניתנת לבדיקה בעזרת ניסויים ותצפיות. • מתייחסת לגורם נבדק אחד 3. בדקו אילו מבין ההשערות שהעליתם הן השערות מדעיות. לצורך זה השלימו את הטבלה הבאה (עמוד 11): • רשמו בעמודה הימנית של הטבלה את כל ההשערות שהעליתם. • רשמו בעמודה האמצעית על מה (ידע/עדויות) מתבססת כל אחת מההשערות שהעליתם.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
יש להניח שהתלמידים ינסו לבסס את ההשערות על ניסיון החיים שלהם (למשל, הכנת בצק בבית). גם אם הם מתקשים לבסס את ההשערות בגלל היעדר ידע מתאים, חשוב לשלב שאלות מטה-קוגניטיביות מעין אלה כדי לפתח אצלם את הנטייה ואת ההרגל לבסס השערות. שימו לב: לאזכור המאפיינים של השערה מדעית מוצע לפנות לדגם ההוראה "מנסחים השערה – סודם של העטלפים", העוסק בניסוח השערות מדעיות. הטבלה שלהלן מציעה דרך לארגון ההשערות שיעלו התלמידים ולבדיקה ביקורתית שלהן.	- רשמו בעמודה השמאלית, האם ההשערה ניתנת לבדיקה בדרך מדעית (ניסוי/תצפית)? - סמנו את ההשערות שעונות על שני הקריטריונים של השערה מדעית.

טבלה: ארגון השערות ובחינתן

השערות	על מה מתבססת ההשערה?	האם ההשערה ניתנת לבדיקה? אם כן, הציעו כיצד.
ייתכן ושמרים הם הגורם לתפיחת הבצק		

חלק ב: בודקים את ההשערה

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
מטרות 1. חלק זה מדגים הבנייה של אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" בשני שלבים: בשלב הראשון, לצורך הבנייה ראשונית של האסטרטגיה, עורכים הוראה ישירה ומפורשת של אסטרטגיית החשיבה בידוד משתנים בתכנון ניסוי שמטרתו לבדוק השערה אחת בלבד. שלב זה נערך ברמה הכיתתית. בשלב השני מיישמים את האסטרטגיה של בידוד משתנים לבדיקת ההשערות האחרות. שלב זה נערך ברמה הקבוצתית – כל קבוצה בודקת השערה אחרת.	1. התלמידים יתכננו ויבצעו ניסוי לבדיקת ההשערות. 2. התלמידים יגדירו את הגורם שאת השפעתו בודקים בניסוי (גורם נבדק – משפיע). 3. התלמידים יגדירו את הגורמים הקבועים בניסוי. 4. התלמידים יסבירו מדוע חשוב להקפיד על בידוד משתנים בניסוי. 5. התלמידים יציגו את מערך הניסוי בטבלת תכנון ניסוי.
שלב ראשון: הוראה ישירה של האסטרטגיה ההשערה שנבחנת כאן ברמה הכיתתית היא: ייתכן ששמרים שהוכנסו לבצק הם הגורם לתפיחתו. שלב זה כולל שני חלקים: א. מתכננים ניסוי ב. מבצעים ניסוי א. מתכננים ניסוי תכנון הניסוי מתבצע בשני שלבים: תכנון חופשי ותכנון מובנה של ניסוי לבדיקת ההשערה: ייתכן ששמרים הם הגורם לתפיחת הבצק. תכנון חופשי והמשגה: בשלב זה, מוצע לאפשר לתלמידים לתכנן את הניסוי באופן חופשי – ללא התערבות של המורה וזאת כדי לעמוד על מידת השליטה שלהם באסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים".	הנחיות בחלק זה אתם מתבקשים לתכנן ניסוי לבדיקת ההשערה: ייתכן ששמרים הם הגורם לתפיחת הבצק. 1. רשמו מהם הכלים הדרושים לניסוי. 2. רשמו מהם החומרים הדרושים לניסוי. 3. תארו את המרכיבים של מהלך הניסוי. 4. הציגו את הצעתכם לתכנון הניסוי במליאה. 5. סכמו: אילו הצעות לשיפור תכנון הניסוי קבלתם מעמיתים? הסבירו את ההצעות.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
לאחר התכנון, התלמידים מתבקשים להציג את הצעתם במליאה. במידת הצורך חשוב להציג שאלות תיווך "מערערות" שתובלנה אותם לצורך בבידוד משתנים. למשל, אם לא נכללה קבוצת בקרה (ללא שמרים). בתכנון הניסוי, מוצע להעלות שאלה כגון: "איך נוכל לדעת שאכן השמרים הם הגורם לתפיחת הבצק אם הבצק מכיל שמרים? אולי גם בצק ללא שמרים תופח? מה צריך לתקן בתכנון הניסוי?". וכן להעלות שאלות כמו למשל: מדוע חשוב לשנות רק אחד הגורמים ולהשאיר את השאר קבועים? מדוע אסור לשנות יותר מגורם אחד באותה עת? וכן הלאה. דיון מסוג זה נועד להביא למודעות התלמידים את חשיבות העיקרון של בידוד משתנים והעמדת קבוצת בקרה לקבלת מסקנות תקפות בניסוי. לצורך ההמשגה מוצע להציג לתלמידים דוגמה של טבלת תכנון ניסוי (ראו בהמשך) ולהדגים בהוראה ישירה ומפורשת, תוך כדי אינטראקציה עם התלמידים, את האופן שבו מארגנים מידע בטבלה, וכיצד ארגון כזה יכול לסייע בביצוע ניסוי מבוקר ובהסקת מסקנות. כמו כן, מוצע לדון בשאלה מדוע חשוב לשנות בניסוי רק את אחד הגורמים ולהשאיר את השאר קבועים.	לומדים מושג! בידוד משתנים כאשר רוצים לבדוק איזה מבין הגורמים האפשריים יכול להשפיע על התופעה, צריך לבדוק בקבוצת הניסוי רק את הגורם אשר לפי ההשערה יכול להשפיע (משנים את ערכו) ולוודא שכל יתר הגורמים יישארו קבועים וזהים לגורמים בקבוצת הבקרה. לשיטה שבה משנים בניסוי רק גורם אחד שיכול להשפיע וכל יתר הגורמים נשארים קבועים, קוראים בידוד משתנים.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים																													
תכנון מובנה לאחר הטיפול באסטרטגיה של בידוד משתנים, מבקשים מהתלמידים לבדוק שוב את התכנון שערכו, אך הפעם מציידים אותם בשאלות מנחות שתפקידן לבסס את ההבניה של האסטרטגיה של בידוד משתנים. שימו לב: חשוב שבתכנון הניסוי, התלמידים יקפידו על גורמים קבועים בקבוצת הניסוי ובקבוצת הבקרה. הגורם היחיד השונה בשני מרכיבי הניסוי הוא השמרים, שהם הגורם הנבדק. חשוב להדגיש שכל ניסוי מורכב לפחות משתי קבוצות: ניסוי ובקרה – כאשר בקבוצת הניסוי מופעל הגורם הנבדק (המשפיע) בעוד שבקבוצת הבקרה הוא אינו מופעל. כאשר נעשה בידוד משתנים על כל יתר הגורמים, אפשר להסיק שההבדל בין שתי הקבוצות נובע מהגורם היחיד השונה ביניהם. מוצע לסיים חלק זה בשאלה: במה שונה התכנון הראשון (הפתוח) שערכתם מהתכנון השני (המובנה)?	דוגמאות לשאלות 1. כמה קבוצות כללתם בתכנון הניסוי? איזה שם נתתם לכל קבוצה? 2. השלימו בטבלה מהו הגורם הנבדק. 3. השלימו בטבלה את הנתונים המתאימים לכל אחת מקבוצות הניסוי. למשל, באיזה סוג קמח השתמשתם בכל קבוצת ניסוי? האם כללתם סוכר, שמרים וכדומה? 4. עיינו בטבלה והשיבו: • מהם הגורמים הקבועים (הזהים) בקבוצת הניסוי ובקבוצת הבקרה? מדוע חשוב להקפיד על גורמים קבועים ? • מהו הגורם השונה בין קבוצת הניסוי לקבוצת הבקרה? מדוע חשוב להקפיד על גורם שונה אחד בלבד? 5. באיזה אופן תמדדו את השפעתו של הגורם השונה על התפיחה של הבצק? 6. כמה חזרות תבצעו? האם מספיק לבצע את הניסוי פעם אחת? נמקו את תשובתכם. 7. העריכו: במה שונה התכנון הראשון (הפתוח) שערכתם מהתכנון השני (המובנה)?																													
טבלה: תכנון ניסוי																														
<table><tr><th rowspan="2">תוצאות</th><th colspan="5">גורמים משפיעים אפשריים</th><th rowspan="2">קבוצות הניסוי</th><th rowspan="2">הגורם הנבדק בניסוי</th></tr><tr><th>טמפרטורה</th><th>סוג קמח</th><th>סוכר</th><th>מים</th><th>שמרים</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1.</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2.</td><td></td></tr></table>		תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי	טמפרטורה	סוג קמח	סוכר	מים	שמרים							1.								2.	
תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי																							
	טמפרטורה	סוג קמח	סוכר	מים	שמרים																									
						1.																								
						2.																								

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
ג. מבצעים ניסוי בשלב זה התלמידים מבצעים את הניסוי על פי התכנון שלהם. במידת הצורך מוצע להציג להם מתכון של הכנת בצק שמרים. ראו במסגרת. לאחר ביצוע הניסוי ממתינים כ-15 דקות ומתארים את התוצאות. הצעה: אפשר למדוד את נפח הבצק (לפני הניסוי ואחרי 20 דקות) בעזרת משורה ולחשב את השינוי שהתרחש בנפח הבצק כתוצאה מתהליך התפיחה. לאחר תיאור התוצאות בטבלת תכנון הניסוי מבקשים מהתלמידים לנסח את המסקנות ולקבוע: האם ההשערה אוששה או הופרכה? שימו לב: מושגים אלה מטופלים בדגם ההוראה לכתה ו' "סודם של העטלפים: השערה מדעית". חשוב להשוות את התוצאות בין הקבוצות (שאלות 7–9): האם הן זהות? האם שונות? השוואה זו מזמנת דיון בחשיבות של ביצוע חזרות בניסוי (ריבוי ניסויים) כדי לוודא שהתוצאה אינה אקראית אלא חוזרת על עצמה.	דוגמאות לשאלות פעלו על פי התכנון ובצעו את הניסוי. תוכלו להיעזר במרשם להכנת בצק שמרים המובא בהמשך. - רשמו את התוצאות במקום המתאים בטבלת תכנון הניסוי. - האם התוצאה שקבלתם בקבוצת הניסוי דומה לתופעה שהוצגה בראשית הפעילות? (בצק תופח). - רשמו מהי המסקנה שאתם מסיקים מתוצאות הניסוי. - האם איששתם את השערתכם? - דווחו במליאת הכיתה את התוצאות והמסקנות שאליהם הגעתם. - ארגנו את התוצאות והמסקנות שקבלתם בטבלת סיכום כיתתית. - השוו את התוצאות שלכם לתוצאות של הקבוצות האחרות. האם הן דומות לאלו של קבוצות אחרות או שונות מהן? - מדוע חשוב להשוות את התוצאות שלכם לתוצאות שהתקבלו בקבוצות אחרות? - בעקבות העיון בתוצאות ובמסקנות של כל הקבוצות הסיקו: האם תוכלו להסיק בוודאות ששמרים הם הגורם לתפיחת בצק? נמקו את תשובתכם והציעו מה יש לעשות כדי להיות בטוחים במסקנת הניסוי.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
מתכון להכנת בצק שמרים חומרים: 200 גרם קמח 1 כף סוכר 3/4 כוס מים פושרים 35 גרם שמרים כלים: קערה כף עץ מאזניים אופן הכנה: • שמים את כל החומרים בקערה. • מערבבים בעזרת כף עץ במשך 2 דקות. הבצק שמתקבל צריך להיות רטוב ורך מאוד, כמעט בלילה.	
שלב ב: יישום האסטרטגיה בבדיקת השערות נוספות בחלק הראשון (רגע לפני... הזמנה לחקר) התלמידים העלו השערות אחדות להסבר התופעה של תפיחת הבצק. דוגמאות להשערות שיכולות להעלות: • ייתכן ושמרים גרמו לתפיחת הבצק. • השערה זו נבדקה בחלק הקודם. • ייתכן שסוג הקמח הוא הגורם לתפיחת הבצק. • ייתכן שסוכר הוא הגורם לתפיחת הבצק. • ייתכן וטמפרטורת הסביבה היא הגורם לתפיחת בצק. • ייתכן שמים הם הגורם לתפיחת בצק.	פעילות קבוצתית 1. תכננו ניסוי לבדיקת השערה אחת מבין אלו שהועלו, על פי העיקרון של בידוד משתנים שלמדתם. 2. כתבו את תכנון הניסוי בטבלת מערך הניסוי. ערכו רשימה של כלים וחומרים והגישו למורה לאישור. 3. בצעו את הניסוי לאחר קבלת האישור ורשמו את התוצאות והמסקנות.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
לאחר שהתלמידים למדו בשלב הקודם את האסטרטגיה של בידוד משתנים בהקשר לגורם הנבדק שמרים, חשוב להמשיך ולבדוק באופן שיטתי את כל יתר ההשערות שהועלו. שבים וכותבים על הלוח את ההשערות השונות שהועלו, מחלקים את הכיתה לקבוצות, וכל קבוצה תבדוק השערה אחת אחרת, תוך כדי הפעלה של בידוד משתנים ועריכת חזרות. כך גם מתרגלים את האסטרטגיה וגם מפתחים נטיות והרגלי חשיבה מדעיים: בדיקה שיטתית עם חזרות של אחת מההשערות כדי לענות על שאלת החקר. מוצע לארגן את כל הניסויים שתוכננו בטבלת תכנון כיתתית (ראו דוגמא להלן). לאחר מכן מוצע לדון ביתרונות שיש לארגון מידע בטבלת תכנון מערכתית (ראו דוגמא לשאלות תיווך 1–7).	במליאת הכיתה 1. הציגו במליאת הכיתה את ההשערה שבדקתם, את תכנון הניסוי ואת התוצאות והמסקנות. 2. על איזו שאלת חקר משותפת עונים כל הניסויים? 3. מה משותף לכל הניסויים? 4. מה שונה בין כל הניסויים? 5. אילו ניסויים איששו את ההשערות שלהם ואילו הפריכו? 6. השיבו על שאלת החקר: מה גורם לתפיחת בצק? 7. חשבו: מה היתה יכולה להיות התשובה לשאלת החקר אילו ויתרנו על בדיקת יתר ההשערות?

המלצות דידקטיות		פעילויות לתלמידים						
טבלת סיכום כיתתית שאלת החקר: _____								
מסקנות	תוצאות	מרכיבים ותנאים					קבוצות הניסוי	ההשערה שנבדקת בניסוי
		טמפרטורה	מים	סוג הקמח	סוכר	שמרים		
							ניסוי	
							בקרה	
							ניסוי	
							בקרה	
							ניסוי	
							בקרה	
							ניסוי	
							בקרה	
							ניסוי	
							בקרה	

חלק ג: רגע אחרי

מטרות	
1. להביא את התלמידים למודעות אודות מרכיבי אסטרטגיית החשיבה שהופעלה במטרה להבנות אצלם ידע מטה-אסטרטגי.	חלק זה נועד לפתח חשיבה מטה-קוגניטיבית (חשיבה על חשיבה) במטרה להביא את התלמידים למודעות אודות שלבי אסטרטגיית החשיבה בידוד משתנים ותרומתם להסקת מסקנות תקפות בניסוי. וכן להבנות אצלם ידע מטה-אסטרטגי אודות אסטרטגיה זו. ידע זה עתיד לסייע להם בעתיד להשתמש באסטרטגיה זו בהקשרים נוספים.
2. להביא את התלמידים למודעות אודות החשיבות של השימוש באסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" לקבלת מסקנות תקפות בניסוי.	

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
יצירת מודעות אודות מרכיבי האסטרטגיה "בידוד משתנים" ותרומתם להסקת מסקנות תקפות בשלב זה מבקשים מהתלמידים לנתח את תהליך החקר המדעי שבצעו, תוך דגש על שיקולי הדעת והפעולות הקשורות לבידוד משתנים. ניתוח התהליך מתייחס לניסוי שבוצע ברמה הכיתתית ובו נבדקה ההשערה "ייתכן ששמרים גרמו לתפיחת הבצק" וכן לסדרת הניסויים שבוצעו ברמה הקבוצתית ובהם כל קבוצה בצעה ניסוי שונה לבדיקת ההשערות האחרות. רמה כיתתית ברמה הכיתתית (שאלות 1–8) התלמידים מתבקשים לשחזר את מרכיבי החקר המדעי. המרכיבים מתייחסים לניסוח שאלת החקר, להעלאת השערות, לקביעת הגורם הנבדק והגורמים הקבועים, להגדרת הקבוצות במערך הניסוי (ניסוי ובקרה) ולשימוש בטבלת מערך הניסוי. רמה קבוצתית שאלות 1–3 עוסקות ברמה הקבוצתית שבה כל קבוצה בדקה השערה שונה ביחס לשאלת החקר. חשוב לדון בחשיבותה של טבלת התכנון המערכתית לבחינה של כל ההשערות בעת ובעונה אחת, על מנת להשיב לשאלת החקר באופן מדעי ותקף. הטבלה היא מארגן גרפי המאפשר להציג באופן חזותי כיצד הופעלה האסטרטגיה של בידוד משתנים בכל אחד מהניסויים. על כן, ניתן להסיק בוודאות מניסויים אלה אילו גורמים משפיעים על תפיחת הבצק.	דוגמאות לשאלות רמה כיתתית: שחזור מרכיבי החקר המדעי - מה הייתה שאלת החקר שבה עסקתם? - מה היו ההשערות לשאלת החקר? - מה הייתה ההשערה שנבדקה בניסוי הראשון שבצעתם? - מה היה הגורם הנבדק (השונה) בניסוי זה? מדוע חשוב שרק גורם אחד יהיה שונה בניסוי? - על אילו גורמים קבועים הקפדתם בתכנון הניסוי? מדוע חשוב להקפיד על גורמים קבועים בניסוי מדעי? - אילו קבוצות כלל מערך הניסוי? מהו התפקיד של כל קבוצה? - כיצד נקראת האסטרטגיה שבה משנים גורם משפיע אחד ושומרים על יתר הגורמים קבועים? - כיצד עזרה לכם טבלת תכנון הניסוי להפעיל בניסוי את אסטרטגיית החשיבה בידוד משתנים? רמה קבוצתית: בדיקת השערות נוספות - מה הייתה ההשערה הנוספת שבדקתם? מדוע חשוב היה לבדוק אותה באמצעות ניסוי מדעי? - כיצד סייעה לכם טבלת התכנון הכיתתית להשיב על שאלת החקר "מה הגורמים שהשפיעו על תפיחת הבצק?" - כיצד עזרה לכם האסטרטגיה של בידוד משתנים להיות בטוחים שהמסקנה שקבלתם אודות הגורמים לתופעה של תפיחת הבצק היא אכן מסקנה נכונה?

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
אחת הדרכים להבניית ידע מטה-אסטרטגי היא שיום האסטרטגיה, המללה של מרכיבי האסטרטגיה ויצירת מפת חשיבה. לפיכך מוצע לשחזר יחד עם התלמידים ולהמליל איתם את מרכיבי האסטרטגיה תוך הצבעה על התרומה של כל מרכיב לבידוד המשתנים. במסגרת שבהמשך מופיעה דוגמה של מפת חשיבה לאסטרטגית החשיבה בידוד משתנים. מפה זו תוכל לשמש את התלמידים בהמשך לתרגול ויישום האסטרטגיה בהקשרים נוספים. בשאלה 4 מבקשים מהתלמידים לתאר את המרכיבים של אסטרטגית החשיבה בידוד משתנים באמצעות טבלה (עמוד 21). לשם כך עליהם לציין מהי ההשערה שנבדקה ולרשום את מרכיבי אסטרטגית החשיבה "בידוד משתנים" בטור הימני שטבלה (על הפעולות של בידוד המשתנים שהם בצעו בפועל בניסוי לבדיקת הגורמים לתפיחת בצק). שלב זה חשוב ביותר שכן הוא מאפשר לתלמידים לשחזר את מרכיבי האסטרטגיה בניסוי שהם עשו.	4. תארו בטבלה הבאה כיצד בודדתם משתנים בניסוי שערכתם. היעזרו במפת החשיבה וכתבו את מרכיבי האסטרטגיה בעמודה הימנית של הטבלה. בעמודה השמאלית בטבלה רשמו מה עשיתם בפועל בניסוי כדי לבדוד את המשתנים.
מפת חשיבה: אסטרטגית החשיבה "בידוד משתנים" • מגדירים את הגורם הנבדק בניסוי. • מגדירים את הגורמים הקבועים בניסוי. • מתכננים את מערך הניסוי הכולל את קבוצת הניסוי וקבוצת הבקרה באמצעות טבלה.	

ההשערה שבדקנו:

מרכיבים באסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים"	כיצד בודדנו משתנים בניסוי לבדיקת הגורמים לתפיחת בצק?

יצירת מודעות לתרומה של תהליכי החשיבה (מטה אסטרטגיה) להבניית ידע מוצהר

חשוב להביא את התלמידים למודעות אודות התרומה של תהליכי החשיבה שחוו להבניית ידע ולהרחבתו אודות השמרים והקשר בין השמרים לתפיחה של הבצק (ראו הסבר ברקע התיאורטי).

התלמידים גילו בניסוי ששמרים הם הגורם העיקרי לתפיחת הבצק אך עדיין אינם יודעים להסביר את התופעה. לכן, בחלק זה חשוב לאפשר לתלמידים להעלות שאלות בעקבות מסקנת הניסוי, כמו למשל: מה הם השמרים? מדוע הם גורמים לבצק לתפוח? וכדומה.

דוגמאות לשאלות

בניסוי זה הסקתם ששמרים הם הגורם העיקרי לתפיחה של בצק.

1. אילו שאלות עולות אצלכם בעקבות מסקנת הניסוי?
2. האם יש לכם תשובות לשאלות אלה?
3. הציעו כיצד תוכלו לתת תשובות לשאלות אלה.

המלצות דידקטיות	פעילויות לתלמידים
רפלקציה בסיום ההוראה של הדגם, חשוב לערוך רפלקציה במטרה להציף קשיים במידה ועלו וכן להעלות רעיונות לשיפור וייעול מהלכי הלמידה במידה והדבר ומתבקש. שאלות 1-4 מסכמות את תהליך ההבניה של אסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים" באמצעות מבט לאחור על התחושות, הקשיים ועל דרכי ההתמודדות עם הקשיים, ומבט קדימה על מצבים והקשרים שונים בהם ניתן לעשות שימוש באסטרטגיה זו.	דוגמאות לשאלות 1. האם אתם חשים שבעקבות הפעילות היכולת שלכם לבצע ניסוי מדעי אמין ותקף השתכללה? נמקו. 2. האם נתקלתם בקשיים בביצוע האסטרטגיה ובהבנת מרכיביה? אם כן, כיצד התגברתם עליהם? 3. מה תרצו לשפר? מדוע? 4. כיצד תסבירו לחברים שלא נכחו בשיעור מהו "בידוד משתנים"?

חלק ד: תרגול ויישום³

חלק זה נועד לזמן התנסות בידע ובאסטרטגיות החשיבה שנלמדו באותו תחום תוכן (העברה קרובה). לביצוע התרגיל חשוב לצייד את התלמידים במפת החשיבה ובמארגן הגרפי.

המשימה לתלמידים

1. לפניכם הצעות לשלושה ניסויים שהציעו תלמידים כדי להסביר את התופעה **שזרעים אינם נובטים מתחת לעצי אקליפטוס**.
2. קראו על התופעה המפתיעה בקטע המידע "סובלים מהשכנים".
3. בהמשך מופיעים שלושה ניסויים. פעלו לפי ההנחיות ובדקו איזה מבין הניסויים מתאים לבדיקת ההשערה של החוקרים.

סובלים מהשכנים

חוקרים הבחינו שמתחת לעצי האקליפטוס זרעים אינם נובטים. הם רצו למצוא את התשובה לשאלה: מדוע מתחת לעצי האקליפטוס זרעים אינם נובטים?

החוקרים העלו את ההשערה הבאה: אולי עלי האקליפטוס שנשרו על הקרקע מונעים מהזרעים לנבוט. לצורך כך הם החליטו לתכנן ניסוי שבו יבדקו את ההשפעה של עלי אקליפטוס על נביטת זרעים. הזרעים שנבחרו למחקר היו זרעים של צנונית. כל אחד משלושת החוקרים במעבדה הציע ניסוי אחר.

ניסוי 1

לוקחים צלחת אחת, מרפדים אותה בצמר גפן ומרטיבים את צמר הגפן ב-4 סמ"ק מים. מניחים על צמר הגפן 10 זרעי צנונית ומפזרים ביניהם עלים של אקליפטוס.

1. מהי **המטרה** של הניסוי?
2. מהי **ההשערה** הנבדקת בניסוי?

3. השלימו את טבלת מערך הניסוי:

טבלה: מערך ניסוי

תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי
	5	4	3	2	1		
						ניסוי	
						בקרה	

4. כמה קבוצות כולל מערך הניסוי? מהן?

5. מהו הגורם השונה בניסוי?

6. מהם הגורמים הקבועים בניסוי?

7. האם תכנון הניסוי מתאים לבדיקת ההשערה? נמקו את תשובתכם.

8. אם קבעתם שהתכנון אינו מתאים, תקנו את התכנון המוצע.

ניסוי 2

לוקחים צלחת אחת, מרפדים אותה בצמר גפן ומרטיבים את צמר הגפן ב-4 סמ"ק מים. מניחים 10 זרעי צנונית על צמר הגפן ומפזרים ביניהם עלים של אקליפטוס.

לוקחים צלחת שנייה (באותו הגודל), מרפדים אותה בצמר גפן ומרטיבים את צמר הגפן ב-4 סמ"ק מים. מניחים 10 זרעי עגבנייה על צמר הגפן ומפזרים ביניהם עלים של אקליפטוס.

1. מהי המטרה של הניסוי?

2. מהי ההשערה הנבדקת בניסוי?

3. השלימו את טבלת מערך הניסוי:

טבלה: מערך ניסוי

תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי
	5	4	3	2	1		
						ניסוי	
						בקרה	

4. כמה קבוצות כולל מערך הניסוי? מהן?
5. מהו **הגורם השונה** בניסוי?
6. מהם הגורמים **הקבועים** בניסוי?
7. האם תכנון הניסוי מתאים לבדיקת ההשערה? נמקו את תשובתכם.
8. אם קבעתם שהתכנון אינו מתאים, תקנו את התכנון המוצע.

ניסוי 3

לוקחים צלחת, מרפדים אותה בצמר גפן ומרטיבים את צמר הגפן ב-4 סמ"ק מים. מניחים 10 זרעי צנונית על צמר הגפן ומפזרים ביניהם עלים של אקליפטוס.
לוקחים צלחת שנייה (באותו הגודל), מרפדים אותה בצמר גפן ומרטיבים את צמר הגפן ב-4 סמ"ק מים. מפזרים 10 זרעי צנונית על צמר הגפן.

1. מהי **המטרה** של הניסוי?
2. מהי **ההשערה** הנבדקת בניסוי?
3. השלימו את טבלת מערך הניסוי:

טבלה: מערך ניסוי

תוצאות	גורמים משפיעים אפשריים					קבוצות הניסוי	הגורם הנבדק בניסוי
	5	4	3	2	1		
						ניסוי	
						בקרה	

4. כמה קבוצות כולל מערך הניסוי? מהן?
5. מהו **הגורם השונה** בניסוי?
6. מהם הגורמים **הקבועים** בניסוי?
7. האם תכנון הניסוי מתאים לבדיקת ההשערה? נמקו את תשובתכם.
8. אם קבעתם שהתכנון אינו מתאים, תקנו את התכנון המוצע.

סכמו:

- א. הסבירו: מדוע חשוב לבצע "בידוד משתנים" בניסוי? הביאו נימוקים המבוססים על שלושת מערכי הניסוי שניתחתם בשאלה 1?
- ב. תארו מהם המרכיבים העיקריים הכלולים באסטרטגיית החשיבה "בידוד משתנים".
- ג. הסבירו: כיצד עזר לכם המארגן הגרפי של **טבלת מערך הניסוי** לבדוק את אופן השימוש באסטרטגיית החשיבה בידוד המשתנים בשלושת הניסויים?