

חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים

מיומנות: בידוד משתנים
תחום תוכן: הזנה ואנרגיה ביצורים חיים
כתיבה: ד"ר עדי בן דוד
ראשי הפרויקט: ד"ר זהבה שרץ ופרופ' בת שבע אלון

צוות פיתוח תשס"ח:
מירי אורן
ד"ר עדי בן דוד
ד"ר איילת ויצמן
ד"ר תמי יחיאלי
מרים כרמלי
עדה רוזנברג
ד"ר אילנה שמידט-הופפלד

עריכה: ד"ר איילת ויצמן

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי, או מכני, או אחר, כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

©
כל הזכויות שמורות
משרד החינוך
תשס"ט, ספטמבר 2009

תוכן העניינים

1.....	חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים
3.....	א. מבוא
5.....	ב. מהלך הפעילויות בכיתה
15.....	ג. הצעות להערכה
18.....	ד. מקורות

דגם הוראה זה מציג את מיומנות בידוד משתנים בתכנים שונים בנושא "הזנה" הנלמדים בכיתה ט', מדגים כיצד ניתן לבנות את המיומנות תוך שילובה במהלך ההוראה המתוכנן ומציע פעילויות הערכה מתאימות. כמו כן כולל דגם זה רעיונות ליישום המיומנות באותו תחום ידע ובתחום ידע אחר.

בדגם זה נעשה שימוש במונח "גורמים משפיעים ומושפעים" במקום "משתנים", כפי שיוסבר בהמשך.

א. מבוא

חקירה מדעית באה לענות על שאלה באחד מתחומי המדע. תהליך החקירה המדעית איננו בעל מבנה קבוע או חד-כיווני. הוא כולל מספר שלבים בסיסיים: ניסוח שאלת מחקר, העלאת השערות והסקת מסקנות. המסקנות צריכות להתבסס על ממצאים או עובדות מדעיות, ובמקרים רבים מגיעים למסקנות בעקבות ביצוע ניסויים. (יש כמובן גם חקירה מדעית שאינה כוללת ניסוי אלא מתבססת על עדויות אחרות, כגון חישובים, ניסויים מחשבתיים, מקורות ספרותיים או אנושיים). כאשר תהליך החקירה המדעית כולל ניסוי הבודק קשר סיבתי בין גורמים, החוקרים משתדלים לזהות ולבודד כל גורם כדי שיוכלו לוודא איזה גורם השפיע על הגורם הנבדק וגרם לשינויים, ומכאן שם המיומנות "בידוד משתנים". במדע המודרני, ניסויים רבים כוללים מספר גדול של גורמים, כאשר לא תמיד ניתן להפריד ביניהם בקלות. במסגרת שיעורי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים, ובעיקר לצורך בניית המיומנות ותרגולה, ניתן לבחור ניסויים עם מספר גורמים מועט שניתן להפרידם בקלות. במקרה כזה ישנו גורם משפיע (המכונה גם "גורם/משתנה בלתי תלוי", משום שאינו מושפע מגורמים אחרים) וגורם מושפע (המכונה גם "גורם/משתנה תלוי" משום שהוא תלוי בגורמים אחרים ומושפע מהם). במסגרת הניסוי החוקר משנה באופן מבוקר את הערכים של הגורם המשפיע, ובודק את השינוי (או אי-שינוי) בערכו של הגורם המושפע. המיומנות של קביעת הגורמים המשפיעים והמושפעים ותכנון מערך ניסוי שבו משנים את ערכי הגורם המשפיע מכונה בידוד משתנים.

אם לא חל שינוי בערכים של הגורם המושפע (כלומר, לא חל שינוי בממצאי הניסוי למרות השינוי שהחוקר ביצע בערכים של הגורם המשפיע), ניתן להסיק כי אין קשר סיבתי בין הגורמים. הערה: כדי להימנע מבלבול ומעומס קוגניטיבי אצל תלמידי חט"ב אפשר להסתפק בשימוש במושגים

"גורם משפיע" ו"גורם מושפע" ולהימנע משימוש במושגים "משתנה בלתי תלוי" ו"משתנה תלוי". מטרת השימוש במיומנות בידוד משתנים

• התנסות בשלב מרכזי בתהליך החקר	• פיתוח היכולת לזהות השפעת גורם אחד על אחר
• פיתוח חשיבה לוגית	• פיתוח יכולת לקשר בין מספר גורמים
• פיתוח חשיבה ביקורתית	

שילוב ברצף ההוראה

בשל חשיבותה של מיומנות בידוד משתנים בכל חקירה מדעית, רצוי לעסוק בשלב זהו המשתנים ודיון בדוגמאות כבר בתחילת חט"ב. בדגם הוראה זה בחרנו בנושא הזנה ביצורים חיים – תת נושא: הזנה בצמחים (פוטוסינתזה) הנלמד בדרך כלל בכיתות ח' או ט', ולכן רצף הפעילויות הותאם לשכבת גיל זו. במידה ובחרתם להשתמש בדגם בכיתה ז' יש מקום לשנות את סדר הפעילויות (הצעות מופיעות בטיפים למורה בפעילויות השונות). מבחינת תכנים, עוסק דגם הוראה זה בנושא פוטוסינתזה, שבו מעורבים מספר גורמים (לדוגמה- עוצמת האור, טמפרטורה, סוג צמח).

ידע קודם נדרש (מבחינת מיומנויות)

בשלב בו תלמידים נדרשים להשתמש במיומנות בידוד משתנים (כחלק מתהליך תכנון ניסוי) הגורמים המשתתפים בניסוי כבר אמורים להיות מוגדרים. בהתאם לכך, ההנחה בדגם הוראה זה היא ששלב בחירת שאלת המחקר כבר נעשה, וכן שלב זיהוי הגורמים המשתתפים בחקירה המדעית (מיומנויות אלה מטופלות בדגמי הוראה נפרדים). לתלמידים הניגשים ללימוד דגם הוראה זה ללא התנסות במיומנויות שבדגמי הוראה לעיל ניתן להגדיר מראש את הגורמים המשתתפים בניסוי, ואת שאלת המחקר, ולסייע להם בשלב זיהוי הגורם המשפיע והגורם המושפע. מתלמידים מתקדמים ניתן לבקש לזהות בעצמם את הגורמים

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

המשתתפים ולנסח את שאלת המחקר (ניתן להיעזר בדגמי ההוראה- תכנון חקירה מדעית והגדרת שאלת מחקר).

ידע מטה-אסטרטגי מל"א (מתי, למה ואיך) אודות בידוד משתנים

מתי לבודד משתנים?	בכל חקירה מדעית הבודקת קשר סיבתי בין שני גורמים לפחות.
למה לבודד משתנים?	כדי שניתן יהיה לקבוע איזה מבין הגורמים משפיע ואיזה מושפע.
איך לבודד משתנים?	לשנות את ערכו של גורם אחד בלבד (הגורם המשפיע) ולשמור על ערכי שאר הגורמים קבועים.

קשיים צפויים והצעות להתמודדות ברמת התלמיד

קושי ברמת התלמיד	הצעה להתמודדות
תלמידים אינם חושבים באופן אינטואיטיבי על הצורך לבודד משתנים בניסוי מדעי.	שימוש בגירוי אשר יעורר את הצורך בשימוש במיומנות בידוד משתנים (יצירת קונפליקט קוגניטיבי).
תלמידים מבודדים משתנים רק לגבי הגורמים המוגדרים בשאלת המחקר ומייחסים חשיבות רק לגורמים המוכרים להם מידע קודם (חמצן, מים וכד'), תוך התעלמות מגורמים נוספים בניסוי.	התייחסות מפורשת בתהליך ההוראה של המיומנות לכל הגורמים שבניסוי ולא רק לגורמים המוגדרים בשאלת המחקר או נראים לתלמידים "חשובים". דיון מפורש בהשפעת הידע הקודם והאמונות שלנו על תהליכי החשיבה תוך מתן דוגמאות.
תלמידים אינם מכירים את המושג "משתנה" אלא את המושג "גורם" ולכן לא מקשרים בין הגורמים הנבדקים בניסוי לבין שם המיומנות: בידוד משתנים.	להסביר באופן מפורש את המושג "משתנה" (גורם שהחוקר משנה את ערכיו או גורם שערכיו משתנים בעקבות שינוי בערכים של הגורם שהחוקר שונה) כדי ליצור רלוונטיות לשם המיומנות בידוד משתנים.

ב. מהלך הפעילויות בכיתה

בפרק זה מוצעות ארבע פעילויות שונות ברצף של הוראה ולמידה מגירוי וחשיפה, דרך בנייה ויישום ועד להעברה לתחומי דעת חדשים. בטבלה הבאה מופיע פירוט הפעילויות בהתאם למרכיבי המיומנות המטופלים בכל שלב. רצף הפעילויות המוצעות

תאור הפעילות	שלב בלמידת המיומנות	מרכיב של המיומנות
1 פעילות	האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת החומר האורגני בצמחים?	גירוי וחשיפה
2 פעילות	מדוע הנורה אינה דולקת?	בנייה
3 פעילות	האם סוג הצמח משפיע על פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה?	יישום באותו תחום תוכן
4 פעילות	האם מתכות שונות מוליכות זרם חשמלי באותה המידה?	יישום בתחום תוכן אחר

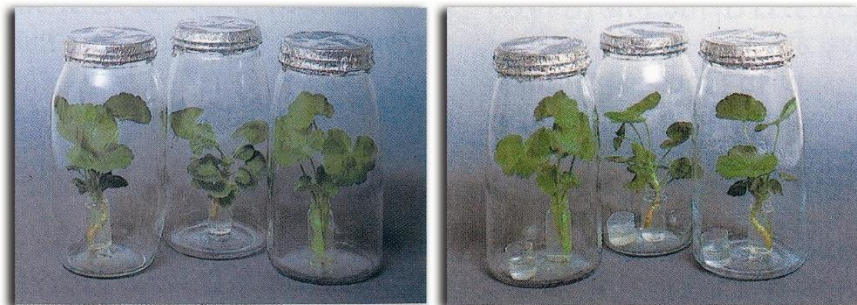
פעילות 1: גירוי וחשיפה לצורך בבידוד משתנים – למורה

הפעילות מבוססת על תיאור של ניסוי שבוצע **ללא בידוד משתנים**, וזאת במטרה ליצור קונפליקט קוגניטיבי בקרב התלמידים ולעורר אצלם את הצורך לבדוד משתנים במהלך ניסוי שיש בו מספר גורמים.

במידת האפשר, רצוי לבצע את הניסוי כהדגמה לתלמידים ובאופן מכוון לא לבדוד משתנים (למרות שבמקור בחומרי הלימוד כל הניסויים מופיעים תוך הקפדה על בידוד משתנים). אם אין אפשרות לעשות זאת, יש לתאר את הניסוי בפני הכיתה על פי התיאור המופיע בפעילות לתלמיד.

מטרות:

1. לעורר את הצורך בשימוש במיומנות בידוד משתנים.
 2. להוביל לבנייה של ידע מפורש אודות מיומנות בידוד משתנים.
- מהלך הפעילות:
- משך זמן: שיעור אחד.
- צורת עבודה: קבוצות + דיון כיתתי.
1. המורה תציג או תבצע בפני התלמידים את סיפור הניסוי המופיע בדף לתלמיד (הסיפור מעובד מתוך "פרקים בהזנה", עמ' 40-41). למרות שהניסוי שלהלן מופיע בספר תוך הקפדה על בידוד משתנים, המורה צריכה לתאר (או לבצע) אותו בפני הכיתה כפי שמתואר כאן - ללא בידוד משתנים!
- התמונות שלהלן מציגות את מערך הניסוי כפי שמופיע בספר הלימוד:



2. המורה תציג לכיתה (אפשרי תוך כדי דיון) את שאלת המחקר: האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת החומר האורגני בצמחים?

3. המורה תציג (אפשרי תוך כדי דיון ורישום בטבלה) את הגורמים המשתתפים בניסוי (הגורמים הם: סוג צמח, עצמת האור, גודל הצמח, כמות מים, כמות פחמן דו-חמצני, טמפרטורה, כמות עמילן)
4. בהתאם לרמת התלמידים והידע הקודם של הכיתה יידונו הגורם המשפיע והגורם המושפע בניסוי:
הגורם המשפיע (המשתנה הבלתי תלוי): נוכחות של פחמן דו-חמצני.
הגורם המושפע (המשתנה התלוי): נוכחות עמילן (בדיקת נוכחות העמילן תעשה באמצעות תמיסת יוד המשמשת אינדיקאטור (חומר בוחן) לזיהוי עמילן).
5. המורה תציג או תתאר לתלמידים את מהלך הניסוי ותחלק להם את הדף לתלמיד הכולל טבלה של תנאי הניסוי והגורמים המשתתפים.
6. דיון קבוצתי בשאלות לדיון.
7. דיון כיתתי לסיכום הדיונים הקבוצתיים.

שאלות לדיון קבוצתי/כיתתי:

1. האם אתם מסכימים עם מערכת הניסוי שתכננו התלמידים? נמקו תשובתכם!
2. האם מהניסוי הזה ניתן לקבוע האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת עמילן בעלים של צמח הפלרגוניום? נמקו תשובתכם! (מניסוי זה לא ניתן לקבוע איזה מבין הגורמים – נוכחות פחמן דו-חמצני, כמות המים או הטמפרטורה – משפיע על יצירת העמילן בעלים כי שלושת הגורמים שונו בו-זמנית).
במקרה הצורך ניתן להיעזר בשאלות מנחות:

 - האם לפי תיאור הניסוי הגורם היחיד המשפיע על יצירת העמילן הוא פחמן דו חמצני?
 - אילו גורמים נוספים עשויים להשפיע על יצירת עמילן?
 - באילו גורמים אנו יכולים לשלוט וכיצד?

המורה תכוון את הדיון לגורמים השונים שבניסוי, מעבר לנוכחות הפחמן הדו-חמצני (כמות המים והטמפרטורה) כדי לעורר את הצורך בבידוד משתנים (עדיין לא לדבר על הכלל של בידוד משתנים!). לפני המעבר להכללה והמלצות לשינוי מערך הניסוי, המורה תוביל את הדיון לדוגמה אחרת בה תעשה בנייה מפורשת של מיומנות בידוד משתנים. מאחר והניסוי הוא מתחום הידע הנלמד ויש בו מספר גורמים, מומלץ לקיים את הדיון המטה-אסטרטגי שיוביל לבניית המיומנות על סמך דוגמה מחיי היום ועל שני גורמים בלבד (פעילות 2 המתוארת בהמשך).

מקורות אפשריים לפעילויות לתלמידים:

- האומנם דרוש אור לפוטוסינתזה? פרקים בהזנה, עמ' 44-46 (גורם משפיע: אור)
- בדיקת החמצן הנפלט בפוטוסינתזה: פרקים בהזנה, עמ' 47-48
- השפעת עוצמת האור על קצב הפוטוסינתזה: פרקים בהזנה, עמ' 49-50 (גורם משפיע: עוצמת האור)
- סימני מחסור בהדרים: פרקים בהזנה, עמ' 57-58
- ויטמין C בלימון ובתפוז: מזון, תזונה ובריאות, עמ' 61-62
- אור ירוק – השפעת האור על תהליך הפוטוסינתזה: טעים וחמים, עמ' 90.

טיפים:

- עבור תלמידי כיתות ז' או תלמידים ללא כל רקע בתחום התוכן, ניתן להקדים את פעילות 2 לפעילות 1, כלומר להתחיל בניסוי כללי מחיי היומיום ורק אחר כך לקשר את המיומנות לתחום הידע הנלמד.

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

- ניסוח שאלת המחקר מעיד על הקשר בין הגורמים המשפיעים והמושפעים. לדוגמה:
שאלת המחקר: האם יש קשר בין שינוי הטמפרטורה לעוצמת הפוטוסינתזה?
גורם משפיע (משתנה בלתי תלוי): טמפרטורה
גורם מושפע (משתנה תלוי): עוצמת הפוטוסינתזה (מתבטאת בנפח החמצן המשתחרר בשעה).
מהלך הניסוי: אם השינוי שהחוקר יבצע בערכים של הטמפרטורה יגרום לשינוי בנפח החמצן שישתחרר במשך שעה אז ניתן יהיה להסיק כי יש קשר בין הטמפרטורה לבין עוצמת הפוטוסינתזה.
אם לא יחול שינוי בנפח החמצן שישתחרר במשך שעה בטמפרטורות שונות (כלומר, תוצאות הניסוי יהיו זהות בכל הטמפרטורות שיבדקו), אז ניתן יהיה להסיק כי אין קשר בין הטמפרטורה לבין עוצמת הפוטוסינתזה.

פעילות 1: גירוי וחשיפה לצורך בבידוד משתנים – לתלמיד:

קראו את תיאור המקרה שלפניכם:
האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת החומר האורגני בצמחים?
תלמידים ערכו ניסוי כדי לענות על שאלה זו. הם בחרו לבדוק את יצירת העמילן, שהוא אחד מהחומרים האורגניים בעלים של צמח הפלרגוניום. לפני הניסוי הוחזקו הצמחים בתנאים, שגרמו לניצול מלאי העמילן שבעלים, כך שעם תחילת הניסוי לא היה בעלים עמילן. לאחר מכן קטפו התלמידים ענפים שווים בגודלם, והכניסו כל ענף לבקבוקון, שהיו בו מים. בבקבוקון אחד היו 50 מ"ל ובשני 100 מ"ל מים. את הבקבוקונים הכניסו לצנצנות זכוכית, סגרו את הצנצנות והעמידו אותן במקום מואר, את אחת הצנצנות הניחו במקום בו הטמפרטורה היתה 20°C ובאוויר רגיל (המכיל פחמן דו-חמצני); ואת הצנצנת השניה במקום בו הטמפרטורה היתה 30°C . ובאוויר ללא פחמן דו-חמצני. כדי להרחיק פחמן דו-חמצני מהאוויר השתמשו התלמידים בבסיס האשלגן (בסיס האשלגן הוא חומר המתרכב במהירות עם פחמן דו-חמצני, הנמצא באוויר שבסביבתו. כתוצאה מכך מסולק הפחמן הדו-חמצני מן האוויר).

תנאי הניסוי	קבוצה א'	קבוצה ב'
סוג הצמח	פלרגוניום	פלרגוניום
כמות המים	50 מ"ל	100 מ"ל
טמפרטורה	20°C	30°C
נוכחות פחמן דו-חמצני	יש	אין

דונו בקבוצה בשאלות שלפניכם וגבשו תשובות מנומקות:

- האם אתם מסכימים עם מערכת הניסוי שתכננו התלמידים? נמקו תשובתכם!
- האם ניתן לקבוע בעקבות ניסוי זה האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת עמילן בעלים של צמח הפלרגוניום? נמקו תשובתכם!

פעילות 2: בנייה מפורשת של מיומנות בידוד משתנים (דיון מטה-אסטרטגי) - למורה

בפעילות זו נערך הדיון המטה-אסטרטגי סביב דוגמה מחיי היומיום של התלמידים, שיש בה שני גורמים בלבד. למהלך זה מספר יתרונות:
הפחתת העומס הקוגניטיבי: ניסוי עם שני גורמים בלבד.
רלוונטיות לחיי היום-יום: סיטואציה מוכרת לתלמידים.
עידוד יכולת העברה: הגירוי לבניית המיומנות נעשה מתוך הקשר מסוים אך המיומנות מובנת באופן כללי ולא לגבי המקרה הספציפי (הגדרת חוקים ומאפיינים כלליים של בידוד משתנים – מתי, למה ואיך להשתמש בבידוד משתנים). יישום המיומנות נעשה בסיטואציה אחרת (חזרה לניסוי שהוצג בתחילת יחידת הלימוד) וכן בתחומי תוכן אחרים.

מטרות:

בניית ידע מפורש אודות תנאי השימוש במיומנות בידוד משתנים (ידע מטה-אסטרטגי)

מהלך הפעילות:

משך זמן: כ- 30 דקות

צורת עבודה: מליאה

ההוראה תתמקד בשלושה מרכיבים של הידע המטה-אסטרטגי (מתי, למה, איך - מל"א):

1. מאפייני המשימה שבה נדרש להשתמש בבידוד משתנים (מתי משתמשים בבידוד משתנים?).
בכל חקירה מדעית הבודקת קשר סיבתי וישנו יותר מגורם אחד שעשוי להשפיע על הגורם המושפע.
2. למה משתמשים במיומנות בידוד משתנים?
כדי שניתן יהיה לקבוע איזה מבין הגורמים הוא המשפיע על הגורם המושפע.
3. איך משתמשים במיומנות בידוד משתנים?
שינוי ערכו של הגורם המשפיע (הגורם הנבדק) ושמירה על ערכי שאר הגורמים קבועים.

מתוך: פעילויות לימודיות, זוהר ווינבגר (1995).

1. המורה תבצע את הניסוי הבא: על השולחן מונחת מנורת שולחן (יש לבצע את הניסוי עם נורה שרופה ובו זמנית גם להקפיד שהתקע לא מוצמד היטב לשקע). המורה מזמינה תלמיד ומבקשת ממנו להדליק את המנורה. התלמיד לוחץ על המתג, אך המנורה לא נדלקת.
2. המורה שואלת את התלמידים מדוע המנורה לא דולקת?
3. המורה מחליפה נורה ומצמידה את התקע לשקע **בו זמנית**.
4. המורה מזמינה תלמיד נוסף ומבקשת ממנו להדליק את המנורה. המנורה נדלקת.
5. המורה שואלת את התלמידים: "מה הייתה הבעיה?" "מדוע הנורה לא דלקה?".
תשובות אפשריות של תלמידים: כי המנורה הייתה שרופה/כי התקע לא היה צמוד לשקע/אי אפשר לדעת.
6. דיון: האם ניתן לדעת מה היה הגורם לכך שהמנורה לא דלקה? אם כן - נמקו מדוע, ואם לא - כיצד ניתן, לדעתכם, לבדוק זאת?
7. העלאת הצעות לבדיקות נוספות - העלו הצעות כיצד ניתן לברר מה היה הגורם המשפיע. (יש לבדוק כל גורם בנפרד – קודם להצמיד את השקע לתקע ולבדוק האם המנורה דולקת ואחר כך להחליף את הנורה ולבדוק האם המנורה דולקת.
8. מה ההבדל בין הניסוי הראשון שביצענו לבין הניסוי השני שבצענו? (בניסוי הראשון בדקנו את שני הגורמים בו זמנית, בניסוי השני בדקנו כל גורם בנפרד – בודדנו את הגורמים. כלומר, השתמשנו במיומנות הנקראת – בידוד משתנים (משתנה: גורם שערכו משתנים בניסוי).

9. ניסוח העיקרון של בידוד משתנים תוך התייחסות למאפייני המשימה שבה נדרש להשתמש בבידוד משתנים (מתי משתמשים בכלל, למה חשוב להשתמש בו) ואיך מבצעים בידוד משתנים הלכה למעשה: כדי לבדוק את השפעתו (או אי-השפעתו) של גורם מסוים יש לדאוג שהגורמים האחרים יהיו קבועים. לפי התוצאות שיתקבלו ניתן להסיק על מידת ההשפעה.

חשוב לציין: ניסוח הכלל של בידוד משתנים ייעשה ברמת הכללה ולא ברמת המקרה הספציפי (לגבי ניסוי מנורת השולחן) במטרה לבנות ידע מטה-אסטרטגי אודות בידוד משתנים (באופן כללי) ולעודד העברה (Transfer) של האסטרטגיה אל מעבר לתחומי תוכן נוספים.

10. חזרה לניסוי שהוצג בסיפור (או בוצע) בפעילות 1: בעזרת דף הפעילות לתלמיד יתבקשו התלמידים להתבונן שוב בתיאור הניסוי מפעילות 1 ולהשיב: מה השוני בין ניסוי זה לניסוי שבצענו עתה עם הנורות? במה שני הניסויים דומים? תשובה: הניסויים שונים בתוכן הנחקר – מטרת המחקר, שאלת המחקר, הגורמים הנבדקים וכו', למרות שבשניהם מתקיים תהליך חקירה מדעית (הצבת מטרה, ניסוח שאלה, מספר גורמים משתתפים וכו').

הניסויים דומים בכך שבשניהם לא נעשה שימוש בכלל של בידוד משתנים. בניסוי מנורת השולחן שונו שני משתנים בו זמנית – הנורה הוחלפה והתקע הוצמד לשקע. בניסוי שבסיפור התלמידים שינו את נוכחות הפחמן הדו-חמצני אך גם את כמות המים ואת הטמפרטורה. לפיכך בשני הניסויים אי אפשר לקבוע איזה גורם השפיע על הגורם המושפע (תוצאת הניסוי). הערה: חשוב לדון בשאלה זו בהרחבה ולחדד את השונו ואת הדומה בין הניסויים, כדי לעודד את יכולת העברה (Transfer) בין המקרים ולהוביל להבנה של המיומנות (בידוד משתנים) ברמת הכללה.

11. המורה תבקש מן התלמידים לתכנן מחדש ניסוי, לפי הכלל של בידוד משתנים, שבאמצעותו ניתן לענות על השאלה: האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת עמילן בעלים של צמח הפלרגוניום? דוגמה לתשובה נכונה מופיעה בטבלה הבאה:

תנאי הניסוי	קבוצה א'	קבוצה ב'
סוג הצמח	פלרגוניום	פלרגוניום
כמות המים	100 מ"ל	100 מ"ל
טמפרטורה	20°C	20°C
פחמן דו חמצני	עם פחמן דו חמצני	בלי פחמן דו חמצני

12. במידת האפשר רצוי לבצע בשלב זה את הניסוי תוך הקפדה על בידוד משתנים, ולקיים דיון בדגש על התוכן- תהליך הפוטוסינתזה.

טיפים:

- לביצוע הניסוי הבודק את הקשר בין נוכחות פחמן דו חמצני ליצירת עמילן בצמח יש חשיבות מכמה סיבות:
- ישום מיידי של המיומנות בהקשר לתוכן הנלמד
- "תיקון טעות" שהוצגה בשיעור הקודם – בדגש על תהליך הפוטוסינתזה מחד, והמיומנות של בידוד משתנים מאידך.

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

- דרך שונה להוראת הפוטוסינתזה. הניסוי וכל הדיונים הנלווים, וכן הניסויים המוצעים בהמשך יכולים להוות תשתית להוראת תהליך הפוטוסינתזה.

פעילות 2: בנייה מפורשת של מיומנות בידוד משתנים – לתלמיד:

- השוו בין מקרה הנורה לבין הניסוי המתואר בפעילות הקודמת:
- מה השוני בין שני הניסויים?
- במה שני הניסויים דומים?
- תכננו מחדש ניסוי, לפי הכלל של בידוד משתנים, שבאמצעותו ניתן לענות על השאלה: האם דרוש פחמן דו-חמצני ליצירת עמילן בעלים של צמח הפלרגוניום? העזרו בטבלה:

- מדוע חשוב להקפיד על בידוד משתנים בניסוי עם מספר גורמים?

פעילות 3: יישום מיומנות בידוד משתנים בתוכן שונה באותו תחום דעת – למורה

הפעילות תאפשר יישום של מיומנות בידוד משתנים ותוביל ללמידה משמעותית של ידע מטה-להעריך ניסוי ללא בידוד משתנים ולשנות התלמידים מתבקשים. אסטרטגי אודות בידוד משתנים אותו בהתאם

מטרות:

1. יישום של מיומנות בידוד משתנים.
2. הרחבת השימוש במיומנות בניסויים עם מספר רב יותר של משתנים.

מהלך הפעילות:

משך זמן: שיעור אחד

צורת עבודה: קבוצות ודיון כיתתי.

1. המורה תציג בפני התלמידים את הסיפור המופיע בדף הפעילות לתלמיד (הסיפור מעובד מתוך טעים וחמים, עמ' 94-95). הניסוי שלהלן מופיע בספר תוך הקפדה על בידוד משתנים, אך המורה צריכה לתאר (או לבצע) את הניסוי בפני הכיתה כפי שמתואר כאן - ללא בידוד משתנים! (במידת האפשר רצוי לבצע את הניסוי עם התלמידים).
2. דיון בשאלת המחקר והגורמים המשתתפים בניסוי. במקרה של חוסר בידע קודם של התלמידים המידע יינתן על ידי המורה. במקרה שהתלמידים מסוגלים לנסח שאלת מחקר ולהגדיר מהם הגורמים המשתתפים בניסוי ניתן להוסיף שאלות אלה לדף לתלמיד. שאלת המחקר: כיצד משפיע סוג צמח המים (אלודיאה או אצות חוטיות) על קצב פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? הגורם המשפיע (המשתנה הבלתי תלוי): סוג הצמח (אלודיאה / אצות חוטיות) הגורם המושפע (המשתנה התלוי): נוכחות חמצן
3. שאלות לדיון קבוצתי/כיתתי:
 1. האם אתם מסכימים עם מערך הניסוי שתכננו התלמידים? נמקו תשובתכם!
 2. האם מהניסוי הזה ניתן לקבוע האם סוג צמח המים (אלודיאה או אצות חוטיות) משפיע על פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? נמקו תשובתכם!
 3. מה לדעתכם צריך לשנות במערך הניסוי כדי לבדוק את שאלת המחקר?

חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים

מקורות אפשריים לפעילויות לתלמידים:

- זיהוי מרכיבים במזונות שונים: טעים וחמים, עמ' 74.
- מי עבד מה טעים וחמים, עמ' 165 סעיף 4.
- האומנם דרוש אור לפוטוסינתזה?: פרקים בהזנה, עמ' 44-46.
- בדיקת החמצן הנפלט בפוטוסינתזה: פרקים בהזנה, עמ' 47-48.
- השפעת עוצמת האור על קצב הפוטוסינתזה: פרקים בהזנה, עמ' 49-50.
- זיהוי מרכיבים במזונות שונים: מזון, תזונה ובריאות, עמ' 11-13, עמ' 23-24.
- ויטמין C בלימון ובתפוז: מזון, תזונה ובריאות, עמ' 61-62.

טיפים:

- מורים שאין באפשרותם לבצע את הניסויים בפועל יכולים להציג בפני התלמידים את תנאי הניסויים.
- כל הניסויים שלעיל מופיעים בחומרי הלימוד תוך הקפדה על בידוד משתנים. המורה צריכה לתאר או לבצע) את הניסוי בפני הכיתה ולשנות את ערכי הגורמים כך שהניסוי יבוצע ללא בידוד משתנים בשלב של הצגת הבעיה.
- כיתה של תלמידים מתקדמים ניתן לבצע מספר ניסויים במקביל: לתת 3 ניסויים שונים לקבוצות שונות (עם דפי עבודה מתאימים) ולאחר מכן לערוך דיון מטה-אסטרטגי משותף ולהראות שאמנם התנאים בכל ניסוי שונים והמשתנים שונים אך זו אותה מיומנות. פעילות זו מאפשרת יישום של מיומנות בידוד משתנים בלבד. אין להתמקד בשלב זה במיומנויות נוספות הנדרשות בתהליך תכנון הניסוי כגון: חזרות, בקרה, ריבוי פריטים.
- אם מיומנות "הגדרת שאלת מחקר" כבר טופלה בכיתה באופן מפורש כדאי לאפשר לתלמידים להגדיר בעצמם את שאלת המחקר (לרבות הגורם המשפיע והגורם המושפע). אם מיומנות זו עדיין לא נלמדה, יש לתת לתלמידים שאלת מחקר מוגדרת מראש (לרבות המשתנה המשפיע והמשתנה המושפע) כדי שהתמקדות החשיבה בשלב זה תהיה רק במיומנות בידוד משתנים.
- כוונת את התלמידים לניסויים עם מספר גורמים (יותר משניים).
- יש "להרשות" לתלמידים לטעות ואז לדון בכיתה בהשלכות של אי-שימוש במיומנות בידוד משתנים.

פעילות 3: יישום מיומנות בידוד משתנים בתוכן שונה באותו תחום דעת - לתלמיד קיראו את הסיפור שלפניכם:

תלמידים רצו לבדוק כיצד סוג צמח המים (אלודיאה או אצות חוטיות) משפיע על קצב פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה. הם מילאו שתי כוסות כימיות במים. בכל כוס הניחו משפך זכוכית במהופך, והכניסו לחלקו הרחב צמחי מים: לכוס מספר 1 הכניסו את צמח האלודיאה ולכוס מספר 2 הכניסו אצות חוטיות. התלמידים הקפידו שפני המים יהיו גבוהים יותר מקצה המשפך והעמידו על גבי המשפך מבחנה מלאה מים כשפיה מופנה כלפי מטה. התלמידים האירו את הצמחים באור חזק והמתינו להצטברות הגז בתוך המבחנה). תנאי הניסוי שביצעו התלמידים מוצגים בטבלה שלפניכם:

תנאי הניסוי	כוס מספר 1	כוס מספר 2
סוג הצמח	אלודיאה	אצות חוטיות
כמות המים	200 מ"ל	300 מ"ל

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

טמפרטורה	°C20	°C25
עוצמת האור	שתי מנורות שולחן	שלוש מנורות שולחן

? שאלות לדיון קבוצתי

1. האם אתם מסכימים עם מערכת הניסוי שתכננו התלמידים? נמקו תשובתכם!
2. תכננו ניסוי אחר שבאמצעותו ניתן לגלות האם סוג צמח המים (אלודיאה או אצות חוטיות)

משפיע על פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? היעזרו בטבלה:

תנאי הניסוי	קוס מספר 1	קוס מספר 2
סוג הצמח		
כמות המים		
טמפרטורה		
עוצמת האור		

פעילות 4: יישום המיומנות בתחומי דעת שונים – למורה

הפעילות תאפשר יישום של מיומנות בידוד משתנים בתחום תוכן אחר ותוביל להעברה רחוקה של המיומנות אל תחומי תוכן נוספים

מטרה:

הרחבת השימוש במיומנות בידוד משתנים בתחומי תוכן נוספים (העברה רחוקה).

מהלך הפעילות:

משך זמן: שיעור אחד.

צורת עבודה: קבוצות + דיון כיתתי.

1. המורה תציג בפני התלמידים את תאור המקרה המופיע בדף הפעילות לתלמיד.
2. דיון בשאלת המחקר והגורמים המשתתפים בניסוי. במקרה של חוסר בידע קודם של התלמידים המידע יינתן על ידי המורה. במקרה שהתלמידים מסוגלים לנסח שאלת מחקר ולהגדיר מהם הגורמים המשתתפים בניסוי ניתן להוסיף שאלות אלה לדף לתלמיד. שאלת המחקר: באיזו מידה נבדלות מתכות שונות מבחינת המוליכות, הנמדדת על ידי עוצמת הזרם החשמלי העובר דרכן?
- הגורם המשפיע: סוג המתכת (כסף, נחושת, אלומיניום, ניקל)
- הגורם המושפע: עוצמת הזרם החשמלי (מספר האלקטרונים העוברים בכל שנייה דרך שטח החתך במוליך – נמדד על ידי אמפרמטר ביחידות של אמפר).
3. התלמידים יתבקשו לקבוע את תנאי הניסוי בעזרת הטבלה שבדף העבודה תשובה: כל הגורמים מלבד סוג המתכת יהיו קבועים עבור כל המתכות.

תנאי הניסוי	ניסוי 1	ניסוי 2	ניסוי 3	ניסוי 4
סוג המתכת	כסף	נחושת	אלומיניום	ניקל
עובי החוט	2 מ"מ	2 מ"מ	2 מ"מ	2 מ"מ

חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

אורך החוט	15 ס"מ	15 ס"מ	15 ס"מ	15 ס"מ
-----------	--------	--------	--------	--------

4. דיון קבוצתי בשאלות:

- מה היה העיקרון שהנחה אתכם בעת תכנון הניסוי?
תשובה: התכנון נעשה לפי הכלל של בידוד משתנים. כלומר, שינוי של גורם אחד בלבד (הגורם המשפיע - סוג המתכת) ושמידה על שאר הגורמים שבניסוי (אורך ועובי החוט) קבועים!
- הסבירו מדוע חשוב להשתמש בכלל זה? (מה יקרה אם לא נקפיד להשתמש בכלל?)
תשובה: בכל חקירה מדעית הבודקת קשר סיבתי ויש בה יותר מגורם אחד, יש להקפיד על בידוד משתנים כדי שניתן יהיה לקבוע איזה מבין הגורמים הוא המשפיע על הגורם המושפע. אם לא נקפיד לבודד משתנים לא נוכל לקבוע איזה מבין הגורמים ששינוי בניסוי הוא שהשפיע על הגורם המושפע.

טיפים

- במידת האפשר רצוי לאפשר לתלמידים לבצע את הניסוי בפועל.
- פעילות זו מאפשרת יישום של מיומנות בידוד משתנים אין להתמקד בשלב זה במיומנויות נוספות הנדרשות בתהליך תכנון הניסוי כגון: חזרות, בקרה, ריבוי פריטים.
- אם מיומנות "הגדרת שאלת מחקר" כבר טופלה בכיתה באופן מפורש כדאי לאפשר לתלמידים להגדיר בעצמם את שאלת המחקר (לרבות הגורם המשפיע והגורם המושפע).
- אם מיומנות זו עדיין לא נלמדה, יש לתת לתלמידים שאלת מחקר מוגדרת מראש (לרבות הגורם המשפיע והגורם המושפע) כדי שהתמקדות החשיבה בשלב זה תהיה רק במיומנות בידוד משתנים.
- יש "להרשות" לתלמידים לטעות ואז לדון בכיתה בהשלכות של אי-שימוש במיומנות בידוד משתנים.

פעילות 4: יישום המיומנות בתחומי דעת שונים - לתלמיד

קיראו את תאור המקרה שלפניכם: (מעובד מתוך: פרקים בחשמל ובכימיה, עמ' 43)
תלמידים רצו להשוות בין מוליכות זרם חשמלי של מתכות שונות.
הם החליטו לבנות מעגל חשמלי הכולל אמפרמטר (מד זרם - מכשיר למדידת עוצמת זרם חשמלי).
בכל פעם יצרפו למעגל החשמלי חוט של מתכת מסוג אחר ויבדקו את עוצמת הזרם החשמלי באמצעות האמפרמטר. לרשות התלמידים היו חוטים של מתכות שונות: חוט כסף, חוט נחושת, חוט אלומיניום וחוט ניקל. עיזרו לתלמידים לקבוע את תנאי הניסוי בעזרת הטבלה שלפניכם:

תנאי הניסוי	שלב 1	שלב 2	שלב 3	שלב 4
סוג המתכת				
עובי החוט				
אורך החוט				

? שאלות לדיון קבוצתי:

חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים

דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות במו"ט לחט"ב

1. הסבירו מה היה העיקרון שהנחה אתכם בעת תכנון הניסוי?
2. הסבירו מדוע חשוב להשתמש בכלל זה? (מה יקרה אם לא נקפיד להשתמש בכלל?)
הציגו את תשובותיכם המנומקות בפני הכיתה.

ג. הצעות להערכה

במשימת הערכה של מיומנות בידוד משתנים יש להבחין בין שתי רמות של חשיבה:

1. רמת חשיבה אסטרטגית: שימוש במיומנות בידוד משתנים (התלמיד יודע לבודד משתנים ברמת המקרה הספציפי, אך אינו יודע להמליל את מעשיו ולהסביר ברמת הכללה ובאופן מפורש מתי, למה ואיך לבודד משתנים).
2. רמת חשיבה מטה-אסטרטגית: ידע מל"א אודות בידוד משתנים: מתי לבודד משתנים? בכל חקירה מדעית הבודקת קשר סיבתי וישנו יותר מגורם אחד. למה לבודד משתנים? כדי שניתן יהיה לקבוע איזה מבין הגורמים משפיע על הגורם המושפע. איך לבודד משתנים? לשנות את ערכו של גורם אחד בלבד (הגורם המשפיע) ולשמור על ערכי שאר הגורמים קבועים.

להלן הצעה להערכה: (מעובד מתוך פרקים בהזנה, עמ' 49).

1. התלמידים מקבלים תאור מקרה (ראו דף עבודה לתלמיד) וצריכים לתכנן תנאי ניסוי שיש בו יותר מגורם משפיע אחד שעשוי להשפיע על הגורם המושפע ולהסביר באיזה כלל השתמשו בתכנון תנאי הניסוי? מדוע משתמשים בכלל של בידוד משתנים ומתי יש להשתמש בכלל זה?

דוגמה לטבלה מלאה של תכנון הניסוי:

תנאי הניסוי	כוס מספר 1	כוס מספר 2	כוס מספר 3
כמות הצמח	100 גרם	100 גרם	100 גרם
כמות המים	300 מ"ל	300 מ"ל	300 מ"ל
הטמפרטורה	25°C	25°C	25°C
עוצמת האור מספר מנורות	מנורת שולחן אחת	שתי מנורות שולחן זהות	שלוש מנורות שולחן זהות
עוצמת האור מרחק המנורה ממערכת הניסוי	מרחק 10 ס"מ ממערכת הניסוי.	מרחק 10 ס"מ ממערכת הניסוי.	מרחק 10 ס"מ ממערכת הניסוי.

שאלת המחקר: כיצד משפיעה עוצמת האור על כמות פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? הגורם המשפיע: עוצמת האור (ניתן למדוד על ידי מספר שונה של מנורות שולחן או/ו על ידי מרחק שונה של המנורה ממערכת הניסוי). הגורם המושפע: כמות החמצן (נמדד על ידי גובה עמוד החמצן שבמבחנה – המרחק מפני המים ועד לקצה המבחנה ההפוכה).

שאלות לתלמיד ולדיון כיתתי:

1. הסבירו כיצד תכננתם את תנאי הניסוי.
2. באיזה כלל השתמשתם כדי לתכנן את תנאי הניסוי?
3. הסבירו מתי יש להשתמש בכלל זה?
4. הסבירו למה חשוב להשתמש בכלל זה? מה יקרה אם לא נקפיד להשתמש בכלל זה?
5. הסבירו איך צריך להשתמש בכלל זה?
6. האם מהניסוי שלכם ניתן לקבוע האם עוצמת האור משפיעה על כמות פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? נמקו תשובתכם
7. הסבירו מדוע חשוב להשתמש בניסוי במנורות המפיצות אור אך אינן מפיצות חום?

הערה:

שאלה 1 מתייחסת לשימוש במיומנות בידוד משתנים ברמת המקרה הספציפי (יכולת חשיבה אסטרטגית).

שאלה 5 מתייחסת לשימוש במיומנות בידוד משתנים ברמת הכללה (יכולת חשיבה מטה-אסטרטגית).

פעילות הערכה לתלמיד

קיראו את הסיפור שלפניכם:

תלמידים רצו לבדוק האם עוצמת האור משפיעה על כמות פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה?

הם תכננו למלא שלוש כוסות כימיות במים. בכל כוס להניח משפך זכוכית במהופך, להכניס לחלקו הרחב צמחי מים (כך שפני המים יהיו גבוהים יותר מקצה המשפך) ולהעמיד על גבי המשפך מבחנה מלאה מים, כשפיה מופנה כלפי מטה (היעזרו בציור שבספר טעים וחמים עמ' 95 או בספר פרקים בהזנה, עמ' 48).

התלמידים תכננו להאיר את הצמחים באור חזק על ידי מנורת שולחן ולהמתין להצטברות החמצן בתוך המבחנה. (את כמות החמצן מודדים כעבור 24 שעות על ידי גובה עמוד החמצן שבמבחנה – המרחק מפני המים ועד לקצה המבחנה ההפוכה). עזרו לתלמידים לתכנן את תנאי הניסוי בטבלה שלפניכם:

לרשותכם: צמחי מים (אלודיאה) 6 מנורות שולחן (שאינן מפיצות חום), 3 כוסות כימיות + מים.

תנאי הניסוי	כוס מספר 1	כוס מספר 2	כוס מספר 3
כמות הצמח			
כמות המים			
הטמפרטורה			
עוצמת האור			

שאלות לתלמיד:

- הסבירו כיצד תכננו את תנאי הניסוי.
- באיזה כלל השתמשתם כדי לתכנן את התנאי הניסוי?
- הסבירו מתי יש להשתמש בכלל זה?
- הסבירו למה חשוב להשתמש בכלל זה? מה יקרה אם לא נקפיד להשתמש בכלל זה?
- הסבירו איך צריך להשתמש בכלל זה?
- האם מהניסוי שלכם ניתן לקבוע האם עוצמת האור משפיעה על כמות פליטת החמצן בתהליך הפוטוסינתזה? נמקו תשובתכם!
- הסבירו מדוע חשוב להשתמש בניסוי במנורות המפיצות אור אך אינן מפיצות חום?

ד. מקורות

זוהר, ע. וינברגר, י. 1995, חשיבה במדע - פיתוח חשיבה בהוראת הביולוגיה (כולל מדריך למורה).
ירושלים: המרכז להוראת מדעים, האוניברסיטה העברית.

טעים וחמים 1999, מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים, משרד החינוך האגף לת"ל, אוניברסיטת תל-
אביב.

פרקים בהזנה באדם בבעלי חיים ובצמחים, משרד החינוך האגף לת"ל, האונ' העברית ירושלים, המרכז
להוראת המדעים, 1992.

פרקים בחשמל ובכימיה לחטיבת הביניים, משרד החינוך האגף לת"ל, האונ' העברית ירושלים, המרכז
להוראת המדעים, 1994.

שמידט- הופפלד א., 2002, מזון, תזונה ובריאות, מטמו"ן, המחלקה להוראת המדעים מכון ויצמן.

[אתר מו"ט נט משימות מבחן](#)