

דגם הוראה להבניית אסטרטגית החשיבה מדעית ניסוח שאלת חקר

דגם הוראה משלב פיתוח חשיבה בתכנים ביולוגיים נבנה על ידי
על ידי יעלה בוסתן ואפרת לינק
יעוץ מדעי ד"ר שלומית גינוסר, עריכה לשונית – רחל נוסינוביץ

מבוא

בבסיס כל ניסוי מדעי עומדת שאלה שהובילה וכוונה את מהלך הניסוי. שאלה זו נקראת שאלת חקר. ניסוח שאלת חקר הוא אחד השלבים החשובים ביותר בתהליך החקר המדעי. ניסוח בהיר וממוקד של שאלת חקר מהווה את הציר עליו מתפתח מהלך המחקר. שאלת החקר משמשת מעין מצפן לחוקר במהלך התקדמותו בתהליך החקירה. דהיינו ניסוחה המדויק והמקיף מאפשרים תכנון נכון של ניסוי או תצפית שיתנו מענה לשאלה שנשאלה. בדגם הוראה זה ההתמקדות היא בסוג שאלות חקר המובילות לניסוי שניתן לבצע במסגרת בית הספר. מיומנות ניסוח שאלת חקר קשורה למיומנויות חקר נוספות המושפעות הדדית זו מזו כגון: העלאת השערה, בידוד משתנים, זיהוי משתנה תלוי ומשתנה בלתי תלוי, זיהוי גורמים שצריכים להישמר קבועים.

מטרות השימוש במיומנות:

פיתוח יכולת זיהוי גורמים משתתפים בתהליך או בתופעה ביולוגית
פיתוח יכולת זיהוי הקשרים בין גורמים משתתפים
זיהוי שאלה המובילה לחקר התהליך או התופעה
ניסוח שאלת חקר ממוקדת רלוונטית אופרטיבית (ולפעמים מחדשת)
פיתוח חשיבה לוגית וביקורתית
פיתוח חשיבה יצירתית

ידע קודם נדרש בתחום המיומנות:

התנסות והכרות עם שלבי החקר
הכרה והבנה של המושגים: משתנה תלוי ומשתנה בלתי תלוי, השערה, מסקנה ושאלת חקר
התנסות בשאלת שאלות

קשיים צפויים:

זיהוי ותיאור תופעה או תהליך ביולוגי
זיהוי גורמים משתתפים בתופעה או בתהליך והקשר ביניהם
זיהוי שאלות שניתנות לבחינה כמותית
הבנה של חשיבות בידוד משתנים
הבחנה בין התהליך הביולוגי הנבדק ובין דרך המדידה שלו (המשתנה התלוי).

רצף הפעילויות המוצע:

הפעילות	השלב
תיאור תופעה ביולוגית וזיהו הגורמים המשתתפים בה דיון כיתתי	גירוי מעורר עניין: 1. הדגמת תופעה ביולוגית והתמקדות בה
העלאת שאלות בקשר לגורמים המשתתפים והקשר שלהם לתופעה. דיון בגורמים משפיעים ומושפעים. הרחבת בסיס הידע באמצעות סרטון ומאמר/ספר לימוד.	2. הזמנה להעלות שאלות הקשורות לתופעה ולגורמים לה
1. העלאת שאלות על ידי תלמידים, כתיבתם על הלוח ובחירה מתוכן של השאלות המובילות לחקר. 2. תכנון ניסוי, הגדרת משתנה תלוי משתנה בלתי תלוי. ניסוח שאלת חקר	את השלב הזה ניתן לעשות בשתי דרכים שונות: 1. ניסוח שאלת חקר לפני תכנון ניסוי ואז לבנות את הניסוי על פיה. 2. לתכנן ניסוי ואז את שאלת החקר שהניסוי הזה מכתוב..
העלאת קריטריונים לאפיון שאלת חקר בניית תבנית לניסוח שאלת חקר טובה מיקוד שאלת החקר שהתלמידים כתבו בשלבים הקודמים, על פיה התבנית שנבנתה כתוצאה מהדיון הכיתתי	בניית תבנית לניסוח והערכת שאלת חקר טובה
דיון שמטרתו להעלות למודעות התלמידים את התהליכים שעברו, את תרומת התהליכים האלה למיומנות ניסוח שאלת חקר והבנת מהות החקר ובדיקת מידת ההפנמה של התלמידים.	מטה קוגניטיבי- מטה אסטרטגיה
רצוי במאמר מדעי עכשווי ורלוונטי לחיי התלמידים. זיהוי שאלת החקר במאמר וניסוחה המיטבי על ידי התלמידים על פי הקריטריונים שבנו.	העברה. יישום בתחום תוכן חדש

הצעה לדיון מטה קוגניטיבי/ מטה אסטרטגי

דיון שמלווה את כל תהליכי היישום וההבניה של המיומנות. הדיון מושתת על שאלות המלוות את התהליך וקיומו עוזר לתלמידים להבין את שלבי התהליך. דיון כזה הופך את הלמידה למפורשת וגלויה ומאפשר העברה לפעילויות חדשות קרובות ורחוקות.

הדיון יכול להתקיים לאורך כל מהלך הקניית המיומנות, הוא יכול להתקיים בסיום הקניית המיומנות. ההחלטה היא בידי המורה על פי הבנתו את טיב תלמידיו והמהלך בכתה.

שיקולים בבחירת הנושא

נביטה

התלמיד נפגש עם תופעת הנביטה לאורך לימודי הביולוגיה בחטיבה העליונה. הנביטה הוא נושא המתקשר לנושאים רבים בהוראת הביולוגיה. תופעת הנביטה כוללת תהליכים רבים. תהליכים כמו אוסמוזה, שבירת קליפת הזרע, תהליכים אנזימטיים, כמו פירוק חומרי תשמורת ונשימה תאית, ותהליכי צמיחה וחלוקת תאים עד להצצת השורשון מהזרע. ריבוי תהליכים זה מאפשר העלאת שאלות חקר רבות סביב תופעה אחת. במהלך ההוראה התלמידים נחשפים למספר רמות ארגון: מבית הגידול המייצג את רמת המערכת האקולוגית ועד לרמה המולקולארית המתבטאת בתהליכים אנזימטיים המתרחשים בנביטה. הנביטה בתנאים שונים מדגימה התאמות שונות של הצמח לסביבה האביוטית והביוטית. נביטה היא נושא פשוט לביצוע בעבודות החקר וגם במעבדה, וניתן לקשרו למגוון נושאי לימוד בהזדמנויות שונות.

המטרות בתחום התוכן

- הבנת הקשר בין מבנה הזרע לתפקודו.

- זיהוי תהליך הנביטה והבחנה בינו ובין תהליך הצמיחה.
- הכרת התהליכים המתרחשים בזרע במהלך הנביטה והתנאים הדרושים לנביטה.
- הכרת התאמות של זרעים שונים לנביטה במגוון בתי גידול.
- הכרת שיטות למדידת שעורי נביטה.

ידע קודם רצוי

מבנה הזרע: חומרי תשמורת, קליפת הזרע, נצרון, חומרי תשמורת, שורשון, נשימה תאית, אנזימים

קשיים צפויים

- יכולת הבחנה בין תהליך הנביטה לתהליך הצמיחה
- רבים מהתלמידים הנביטו זרעים בגילאים שונים החל מגן הילדים. יש להניח שבפעילות זו עברו ישר מהתבוננות בנביטה להמשך הצמיחה של הנבטים ולא התעכבו על הנביטה עצמה. נושא הפעילות הפעם היא **תהליך הנביטה** עצמו והגורמים המשפיעים עליו ומעורבים בו.. הדגש הזה חשוב שיהיה מובן לתלמידים.

פעילות 1 – פעילות פתיחה

תיאור תופעה ביולוגית, זיהוי הגורמים המשתתפים בה והעלאת שאלות בקשר לגורמים המשתתפים.

למורה:

פעילות 1 היא התנסות בתיאור תופעת הנביטה ובזיהוי הגורמים המשפיעים על תהליך הנביטה. במהלכה התלמידים יתבקשו לתאר במילים את התופעה ולהעלות את כל הגורמים הידועים להם המשפיעים על שיעור הנביטה והקצב שלה.

מהלך הפעילות:

- מורה מציג מגוון זרעים בשלבי נביטה שונים: זרעים יבשים, זרעים תפוחים וזרעים שיש להם שורשון. אפשרות אחרת היא שהמורה מבצע את הפעילות המקדימה הזו עם התלמידים, כלומר מטיל על קבוצת תלמידים להנביט זרעים מספר ימים קודם לתחילת הפעילות, על קבוצה אחרת להתפיח זרעים ביום שלפני הפעילות והוא דואג שיהיו בידיו זרעים יבשים שונים.
- התלמידים מתבקשים לתאר את התופעה שלפניהם ולתת לה שם.
- המורה כותב על הלוח מפי התלמידים את תיאור התופעה ויוצר על הלוח תרשים "שמש" סביבה הוא רושם בפיזור את הגורמים לתופעה שהתלמידים מעלים.
- בשלב השני הכתה צופה בסרטון youtube המתאר תהליך נביטה שלב אחר שלב: <http://www.youtube.com/watch?v=d26AhcKeEbE&feature=related> צפייה בסרט – המציג תהליך מואץ, מחדדת אירועים בשלבים שונים, מצביעה על השוני בין זרעים שונים הן בקצב והן באופן בקיעת השורשון.
- לאחר הצפייה בסרטון התלמידים מתבקשים להוסיף לתיאור התופעה ולגורמים שנכתבו על הלוח.
- על הלוח נוצר תרשים: הגורמים המשפיעים על הנביטה של זרעי



פעילות 1 דף לתלמיד

הפעילות מתבצעת ב-4 שלבים שבין כל שלב מתקיים דיון מונחה וכתובת התשובות על הלוח

שלב א': תארו את התופעה שלפניכם

מהם הגורמים שעשויים להשפיע על תהליך הנביטה?

שלב ב': הציעו דרך לבדוק את השפעת אחד הגורמים על תהליך הנביטה.

שלב ג': תכננו מהלך ניסוי שיבדוק את אחת הדרכים המוצעות.

תארו בקצרה את מהלך הניסוי.

מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי המוצע? הסבירו איך תשנו אותו

מהו המשתנה התלוי בניסוי המוצע, הסבירו מהי דרך המדידה שלו.

שלב ד': הגדירו את מטרת הניסוי שתיארתם

נסחו שאלת חקר מתאימה

בחרו מתוך הרשימה שכתבנו על הלוח בתחילת השיעור, שני גורמים נוספים המשפיעים על

תהליך הנביטה, ונסחו לכל אחד מהם שאלת חקר מתאימות.

* את הגורמים המשפיעים יש לכתוב על הלוח בשתי רמות - גורמים כלליים וגורמים ממוקדים יותר המאפשרים להעלות שאלה יותר ממוקדת. הדיון צריך להיערך בשתי הרמות. בהתחלה בגורמים הכלליים ואז להתמקד בגורמים הממוקדים יותר. התרשים מממן התייחסות לגורם משפיע ולגורם מושפע. ומעורר דיון סביב הקשרים בין הגורמים המופיעים על הלוח.

המורה מדגיש שכל אחד מהגורמים שהתלמידים העלו הוא גורם העשוי להשפיע על שיעור הנביטה ועל קצב הנביטה. הוא מפנה אליהם בקשה להציע דרך לבדוק את השפעת אחד הגורמים על תהליך הנביטה. התלמידים עשויים להציע רעיונות שונים כגון: נערוך ניסוי מדעי, נחפש מידע, נערוך תצפית בשדה. על מנת להרחיב את מרחב ההצעות של התלמידים המורה:

1. יתמקד בגורם כללי אחד, לדוגמא: מים ויראה שהוא עשוי לייצג למעשה כמה גורמים: כמות, מרווחי זמן בין השקיות, הרכב מומסים וכו'.

2. במידה והוא יודע או מגלה שידע התלמידים דל, יפנה יספק להם מאמר או פרק בספר לימוד על מנת ששאלותיהם יתבססו על ידע רחב יותר. בעקבות הקריאה התלמידים מתבקשים להעלות מספר גורמים נוספים המשתתפים בתופעה.

הערה: פעילות הפתיחה הזו עשויה "לגזול" זמן יקר אולם מכיוון שהיא פעילות מדגימה יש להשקיע בה את הזמן הנדרש על מנת להמחיש לתלמידים ששאלת חקר לא "נשלפת" בקלות אלא צריכה לידון בכובד ראש לאחר שבידי החוקר ידע רחב ככל שניתן.

1. במידה והמורה לא אצה לו דרכו, והוא בחר בדרך 1, הוא יכול לבקש מהתלמידים בשלב הזה להעלות שאלות בקשר לתופעה ולגורמים המעורבים בה. לכתוב אותן על הלוח, למיין אותן ולבחור מביניהן, בעזרת התלמידים, כאלה שמובילות לחקר. משאלת החקר לתכנון ניסוי.

2. אפשרות אחרת מהירה יותר, היא לבקש מהתלמידים, בזוגות, להציע דרך לבדוק את השפעת אחד הגורמים על תהליך הנביטה, ללא העלאת השערה וללא העלאת שאלת חקר. מתכנון ניסוי לשאלת חקר.

השאלות יכתבו על הלוח

במקרה השני הדף לתלמיד יראה כך:

- כדי להפיק יותר בתחום התוכן מומלץ לבצע את תרגיל המעבדה המקורי שהציעו התלמידים בשלמותו ולשאול על שאלות חקר להמשך. להוסיף שאלות הבנה ויישום על שמירה על הומיאוסטזיס בזרע נובט.
- כדי להרחיב את הידע אפשר לתת לקרוא מאמר מדעי העוסק בנביטה ולתרגל רעיונות נוספים בהקשר תחום תוכן זה.

אבי שמידע, (1993), *הקזינו בבורסת האקולוגיה*, טבע וארץ, החברה להגנת הטבע, ע"מ 254.
http://www.snunit.k12.il/heb_journals//aretz/254035.html

פעילות 2

מהי שאלת חקר טובה?

דף למורה

מטרת הפעילות להכין את התלמידים לקראת ניסוח שאלות חקר על ידי הכרת המאפיינים של שאלת חקר טובה. הפעילות נעשית תוך מעורבות התלמידים בבדיקת השאלות שנכתבו על הלוח, זיהוי שאלות בעלות פוטנציאל להובלה לחקר, זיהוי שאלות שמציגות תלות בין משתנים וכו'. באמצעות הדיון הפתוח התלמידים מנסחים קריטריונים (תבחינים) משותפים לשאלות מובילות לחקר. התבחינים שהתלמידים מציעים נכתבים על הלוח. בתום התהליך המורה מציג את השאלה: מבין השאלות שנכתבו בשלב הקודם על הלוח, איזו שאלה היא שאלת חקר טובה המובילה לניסוי ומדוע?

שאלות מנחות לדין:

מה משותף לשאלות שנראות לכם מתאימות להיות שאלות חקר?

איזו שאלה יהיה אפשרי לבדוק באמצעות ניסוי? מדוע?

באילו שאלות ברור שיש גורם אחד שמשפיע על גורם אחר?

האם יש מילות שאלה שחוזרות בשאלות אלה? ואם כן אילו?

בדיון יש להתייחס לניסוחים הבאים:

- שאלה שמנוסחת כהשערה
- שאלת "האם"....
- שאלת "כיצד"....

- שאלת "מהו הקשר בין... לבין...?"
- שאלת מהי השפעת... על...?"

ניסוח ששאלות חקר הוא בדרך כלל:

"מהו הקשר בין... לבין...?"

"מהי השפעת... על...?"

הערה : ניסוח שמתחיל ב"מהו הקשר" מתאים למחקרים שבהם בידוד המשתנים אינו מיטבי (למשל עבודות בשדה). ניסוח שמתחיל ב"מהי השפעת" מתאים למחקרים שבהם ברור שהמשתנה היחיד הוא זה אותו אנו משנים. ניסוח שמתחיל ב"כיצד" מתאים למחקרים בהם מנסים לברר את התהליך או המנגנון הביולוגי.

בשלב השני הדיון עובר להרחבה

- **רלוונטיות** – האם השאלה רלוונטית לניסוי שהוצע. האם הניסוי כפי שהוצע נותן תשובה לשאלה? איזה מרכיבים בניסוי בודקים האם הניסוי עונה על שאלת המחקר? (קבועים ובקורות)
- **מיקוד** במשתנה בלתי תלוי אחד ובמשתנה תלוי מוגדר. השאלה מכוונת לניסוי או תצפית אחת.
- **אופרטיביות**- השאלה מבוססת מדעית ומבוססת על ידע טכני – שיטות מחקר. הדרך מעשית לבדיקת השאלה. צריך לדעת איך לשנות את המשתנה הבלתי תלוי ואיך למדוד את המשתנה התלוי.
- השאלה מנוסחת כך **שמבטאת יחס** בין שני המשתנים. (לדון במשמעות של ניסוח בעזרת מילות שאלה שונות או ניסוח שאלה כהשערה).
- **חידוש** – האם השאלה מחדשת או שיש לה כבר תשובה
- **עניין** – אחרון אחרון חביב ואולי צריך להיות ראשון: האם היא מעניינת ומגרה למחקר?

דף 2 לתלמיד

תבנית לניסוח שאלת חקר

תבניות מתאימות לניסוח שאלות חקר לעבודות חקר בביולוגיה:

מהו הקשר בין..... לבין

מהי השפעת..... על

מאפיינים לבדיקת שאלת חקר בביולוגיה

הסבר / הצעה לתיקון	מאפיין
	<ul style="list-style-type: none"> • מהי הרלוונטיות של השאלה לתופעה אותה חוקרים
	<ul style="list-style-type: none"> • מהו המשתנה הבלתי תלוי (משתנה יחיד) • כיצד ניתן לשנות אותו • מהו המשתנה התלוי • מהי דרך המדידה של המשתנה התלוי
	<ul style="list-style-type: none"> • האם השאלה מתייחסת לקשר כלשהו בין הגורם המשפיע (הבלתי תלוי) לתהליך הנבדק (המשתנה התלוי).

	• מהו הבסיס מדעי לשאלה?	בסיס מדעי
	• האם השאלה מהווה עבורכם חידוש?	חידוש
איך...	• האם שאלה ניתנת לבדיקה מעשית?	מעשיות
	• האם השאלה ברורה וממוקדת?	צמצום
מה...	• קיים משתנה בלתי תלוי אחד	ומיקוד
מה...	• האם מצוין האורגניזם הנבדק?	

כל תלמיד יעבור על השאלות שניסח, ובמידה שצריך, ינסח אותם מחדש לאור הקריטריונים שנוצרו

פעילות 3

הנחיות לזיהוי שאלת חקר טובה שמובילה לניסוי

למורה ולתלמיד

תוצר הפעילות המסכמת את התהליך הוא כרזה הנכתבת על ידי התלמידים בהנחיית המורה תוך תיקוני ניסוח מתבקשים.

את הכרזה תולים בחדר המעבדה על מנת שהתלמידים יוכלו להיעזר בה כל פעם שהם עומדים בפני ניסוח שאלת חקר טובה. יש להאמין שבדרך זו הם יפנימו את מרכיבי שאלת החקר הטובה ויעשו בידע זה שימוש רוטיני.

הכרזה:

- השאלה פתוחה שלא ניתן לתת לה תשובה בכן או לא
- השאלה מבוססת על רקע וידע מדעי
- השאלה מבטאת קשר בין גורמים המשתתפים במערכת
- השאלה דורשת שימוש בכלי מחקר וניתן לחקור אותה על ידי ניסוי
- ניתנת לחקירה בזמן שהוגדר
- ניתנת לחקירה באמצעים הנתונים **אופרטיבית**
- אינה כללית מדי - **ממוקדת**
- מנוסחת בבהירות
- מעוררת חשיבה ויכולה לעורר שאלות חדשות
- **רלוונטית** עבורכם
- ניתנת לניסוח בעזרת התבנית:
- מה הקשר בין...לבין...?
- מהי ההשפעה של... על...?

על מנת לבנות את התבנית הזו התלמידים נחשפים לחוויה של הוראה מפורשת: הם נדרשים **לזהות ולנתח** את המרכיבים של שאלת החקר, **להציע תבחינים/קריטריונים** למרכיבים של שאלת החקר, **להכליל** את התבחינים, **להעריך** את תרומת התבחינים האלה לבהירות ומיקוד השאלה.

- התלמידים **מנתחים** במודע ובמתכוון מהם ה"מרכיבים" של שאלת חקר
- התלמידים **ממיינים** את הקריטריונים לקבוצות על פי המרכיב אליו מתייחסים הקריטריונים.
- התלמידים **מזהים** ו"אוספים" (סינתזה) את כל הקריטריונים שמתייחסים לכל מרכיב בשאלה
- התלמידים קוראים לכל מרכיב בשאלה בשמו (שיום) ומתקנים את הניסוחים הראשוניים.

פעילות 4 דף למורה

דיון מטה קוגניטיבי

כפי שצויין בפתיחה, המורה יכול לקיים דיון מטה קוגניטיבי בכל שלב של הפעילויות. הוא יכול לבחור לקיים אותו בסוף התהליך.

שאלות אפשריות לדיון:

- האם התבקשתם לנסח שאלת חקר בעבר?
- האם אתם יודעים עכשיו את המרכיבים של שאלת חקר?
- האם ניסחתם בעבר שאלת חקר על פי מרכיבים נתונים?
- מה יקל עליכם יותר ומה מאתגר אתכם יותר בניסוח שאלת חקר במעבדה: לציץ על מהלך הניסוי ואז לנסח שאלת חקר או לקרוא רק את הרקע המקדים, לנסח שאלה ואז לראות את מהלך הניסוי ולבדוק אם השאלה תואמת אותו. הסבירו את בחירתכם.
- איזה מהדרכים המוצעות לעי"ל יהיו בעלי תרומה גדולה יותר עבורכם כאשר תתבקשו לתכנן מחקר משלכם? הסבירו את בחירתכם.
- לאור ההתנסות שלכם מדוע חשוב לנסח שאלת חקר? באיזה שלב של מהלך הניסוי רצוי לנסח שאלת חקר?
- מה הייתה תרומת הדיון הכיתתי ל: זיהוי הגורמים המעורבים בתהליך?
בניית קריטריונים לניסוח שאלת חקר?
בניית תבנית לשאלת חקר טובה?
להערכת השאלות שאתם העלתם?
האם אתם מעדיפים לעבוד ביחידות או בקבוצה?
- באיזו מידה מתן שמות (שיום) לכל אחד מהתהליכים שעברתם תתרום לכם בפעילות מעבדתית אחרת? במה?

נספחים:

מחווון לבדיקת שאלת חקר.

הצעות לתיקון	ציון מקסימלי (אחוזים)	קריטריונים לבדיקה
	20	רלוונטיות: השאלה רלוונטית לתופעה אותה חוקרים
	20	משתנים: בשאלה משתנה בלתי תלוי אחד שברור כיצד ניתן לשנות אותו ומשתנה תלוי הניתן למדידה
	20	בשאלה יש התייחסות לקשר בין הגורם המשפיע הבלתי תלוי לתהליך הנבדק (המשתנה התלוי).
	10	בסיס מדעי: יש לשאלה בסיס מדעי
	10	חידוש: השאלה מהווה עבורכם חידוש
	10	מעשיות: השאלה ניתנת לבדיקה מעשית
	10	צמצום ומיקוד: השאלה ברורה וממוקדת. קיים משתנה בלתי תלוי אחד מצוין האורגניזם הנבדק

דוגמא להערכת ניסוח שאלת חקר מבחינות בגרות במעבדה:

בגרות מעבדה תשס"ח בעיה 3 שאלה 39א:

נסח את שאלת המחקר בניסוי של החוקרים. (3 נקודות)

ניסוח שאלת מחקר

90 – 100 – שאלת המחקר מתאימה ומנוסחת היטב.

דוגמה:

כיצד משפיעה השקיה בריכוזים שונים של מים מליחים (50%) על קצב הצמיחה של צמחי בצל ירוק? / על המשקל היבש (50%)

א: מהו הקשר בין השקיה בריכוזים שונים של מים מליחים (50%) לבין המשקל היבש של צמחי

בצל ירוק? (50%)

30 – 90 – שאלה מתאימה אך הצגתה לקויה / ניסוח השערה במקום שאלה / שאלה מתאימה חלקית

* כיצד משפיע ריכוז המלחים במי ההשקיה על עלי הבצל? (70%)

* ניסוח השערה במקום שאלה – הורד 40%

0 – 20 – שאלה שאינה מתאימה

כיצד משתנה ריכוז המים המליחים בחלקות השונות? – הורד 90%