

השפעת צילום אמנותי של תופעה כימית על מוטיבציה המשכית ללמידת כימיה

חלי בוכריס, מורה בתיכון מאיר בקריית גת ובתיכון הר טוב בצרעה

הימני של המוח. התחומים משלימים זה את זה, והשילוב ביניהם משפר את היכולות הקוגניטיביות (McGrath & Brown, 2005). מחקרים הראו כי שילוב של אמנות חזותית שיפרה באופן ניכר את רמות הביצוע של התלמידים. ניתן לראות כי אמנות היא גם גשר המאפשר לתלמידים שאין להם עניין מיוחד בלימודי הנדסה ומדע, להבין מושגים חדשים ביתר קלות (Daugherty, 2013).

ההתערבות והפעילות שפיתחתי הייתה במסגרת תחרות ארצית "יש לנו כימיה". ההחלטה שלי לבחור במסגרת של תחרות נתמכת ע"י מספר מחקרים אשר רואים תחרויות כדרך מקובלת להגברת המוטיבציה של התלמידים בלימודי המדעים. תחרות "יש לנו כימיה" היא תחרות הנערכת אחת לשנה משנת 2008. הפרויקט הוקם בשיתוף עם התעשייה הכימית בישראל ונועד לעודד ולהגביר את המוטיבציה ללימודי הכימיה בארץ (מכון ויצמן למדע, 2018). הספרות החינוכית מצביעה על העובדה

בעבודת הגמר* לתואר השני בתוכנית רוטשילד-ויצמן, ביצעתי מחקר שמטרתו לבדוק כיצד חשיפת תלמידים לתחום של צילום אמנותי משפיעה על המוטיבציה שלהם "לעשות מדע" וללמוד כימיה. שילוב צילום אמנותי של תופעה כימית או ניסוי הנו כלי לגרות את החושים, להבליט את הצבעים והסימטריה המופלאה שיש בטבע. ההשערה היא ששילוב בין תחום המדע לתחום צילום יעלה את המוטיבציה של התלמידים לעסוק במדע. השערה זו מתבססת על גישה חינוכית הנקראת STEAM.

STEAM היא גישה חינוכית ללמידה בין תחומית המשלבת מדע, טכנולוגיה, הנדסה, אמנות ומתמטיקה (engineering, art, mathematics, science, technology). מקצועות ה-stem מפתחים כישורים לוגיים ואנליטיים, המבוססים על צדו השמאלי של המוח המונע מהיגיון. זאת לעומת האמנות המתאפיינת בסובייקטיביות, אינטואיטיביות, חושניות, ייחודיות ויצירתיות המפתחים את צדו

* עבודת הגמר נכתבה במסגרת לימודי תואר שני בתוכנית "רוטשילד ויצמן" בהנחיית פרופ' רון בלונדר

שלב ראשון – סדנת צילום

בשיעור נלמדו מושגים מרכזיים בצילום כמו: צמצם, תריס, חשיפה, גרעיניות, קומפוזיציה, אורך מוקד. כמו כן הבאנו לכיתה מצלמות מקצועיות וציוד צילום כדי שהתלמידים יתנסו בצילום. כל קבוצה קיבלה ניסוי (נר בוער, חול הידרופובי, כרומטוגרפיה) והתנסתה באופן מעשי בצילום תוך כדי יישום המושגים שנלמדו בשיעור. מטרת הסדנה לחבר את התלמידים לצד האמנותי. "לשים על השולחן" את היופי, האסתטיות, הסימטריה, הצבעים והאורות בתהליכם כימיים שונים. הנושא המרכזי הוא המראה (בניגוד לשיעורי מדע קלאסיים שהדגש בהם הוא על ההבנה, חוקי המדע וחקר). המטרה היא לחזק את הערוץ הוויזואלי ולהקנות מיומנויות צילום טכניות הנדרשות לביצוע משימה זו. שלב זה הוא הכרחי כדי להגיע לרמות גבוהות של צילום ולאפשר לתלמידים שונים להביא לידי ביטוי את הצד האמנותי שבהם. כמו כן מטרת הסדנה לעורר ולחדד מושגי סימטריה, אסתטיקה ויפוי וקומפוזיציה - חיבור התלמידים ויצירת מוטיבציה באמצעות הפן היצירתי והחשיפה ליופי.

שלב שני – סדנת חשיבה יצירתית

מטרת הסדנה: לעורר בתלמידים סקרנות לתופעות המתרחשות סביבם, לעודד חקר, שאילת שאלות, לעורר עניין ומוטיבציה. במהלך השיעור התעורר דיון בשאלה "כיצד חשיבה יצירתית תורמת להתקדמות המדע ומעודדת תגליות חדשניות פורצות דרך?".

שלב שלישי – בחירת הנושא וכתובת העבודה

התלמידים נתבקשו לבחור תהליך, תופעה או מושג בכימיה הקשור לחיי היום יום שלהם לעולם התעשייה, לצלם את התופעה בדרך אמנותית ולתת הסבר מפורט הכולל את הנקודות האלה:

א. כותרת

ב. מה רואים בתמונה?

ג. מה הקשר לחיי היום יום או לתעשייה?

ד. הסבר כימי הכולל לפחות 5 מושגים הקשורים לתופעה.

ה. רפלקציה - מדוע התחברתי לנושא ומה התהליך שעברתי במהלך הפרויקט?

שלב רביעי – הצגה

התלמידים הכינו מצגת והעבירו לכיתה את עבודתם הסופית. התלמידים מתנסים בשלב זה בעמידה מול כיתה בהעברת הרעיון המרכזי שבעבודתם. מדובר ברעיון שבאמת עניין אותם, שהקדישו לו זמן ארוך ומאמץ רב. זוהי הזדמנות מצוינת ללמידת עמיתים, שכן כל קבוצה העמיקה ולמדה נושא אחר. שיתוף הפעולה בין חברי הקבוצה, היכולת לבקר עבודה אחרת וללמוד מביקורת בונה - כל אלה הם מטרות חשובות הנלמדות בחלק זה

של תלמידים יש מוטיבציה רבה יותר ללמוד נושא כאשר הם מוצאים אותו רלוונטי יותר לחייהם ולחברה שבה הם חיים (Bennett & Lubben, 2007). מארגני הפרויקט מצאו כי חשוב להדגיש את הרלוונטיות של הכימיה לחיי היום יום ולתעשייה ע"מ להפוך את לימודי הכימיה משמעותיים יותר לתלמידים. תחרות "יש לנו כימיה" כללה 5 מסלולים: ניסוי חקר, כתבה, סרט, פוסטר מדעי וצילום תמונה. בשנת 2019 יתווספו לתחרות 2 מסלולים חדשים: פודקאסט וקומיקס.

שאלות המחקר

■ שאלה מרכזית: כיצד משפיע צילום אמנותי על מוטיבציה המשכית של תלמידים ללימודי כימיה?

שאלות מחקר משניות

- כיצד משפיע צילום אמנותי על עמדות של תלמידים לגבי הרלוונטיות של הכימיה והעניין בלמידת כימיה?
- מהי ההשפעה של המסגרת התחרותית שבה התקיים הפרויקט?
- האם שילוב אמנות הצילום בפרויקט הקשור ללמידת כימיה עשוי להשפיע על תפיסתם של תלמידים בנוגע ליופי ולאסתטיקה שבמדע?
- האם שינוי בתפיסת היופי והאסתטיקה שבמדע יכול להשפיע גם על שינוי בתפיסת התלמידים את עבודת המדען?

שיטות מחקר וכלי מחקר

אוכלוסיית היעד

בחרתי להתמקד בתלמידי "מבוא לכימיה" בכיתה י' ב-2 בתי ספר: תיכון מאיר בקרית (N=25), תיכון הר טוב בקיבוץ צרעה (N=22). בשתי הכיתות בנים ובנות בהרכב הטרוגני. בחרתי דווקא לתלמידי כיתה י' מכיוון שיש להם יותר פניות וזמן מתלמידי י"א י"ב שנבחרים בבחינות הבגרות. כמו כן נבחרה כיתה "מבוא לכימיה". בכיתה זו תלמידים שהמוטיבציה שלהם ללמידה נמוכה מכיוון שהם לא בחרו במקצוע מדעי להגברה. בתחילת השנה הביעו תלמידי המבוא התמרמרות רבה כלפי העובדה "שמכריחים" אותם ללמוד כימיה. ראיתי חשיבות רבה בהעלאת המוטיבציה לתלמידים שכן אני מאמינה שחינוך מדעי מכשיר אזרחים המסוגלים לחשוב ולהכריע בסוגיות חשובות הנוגעות לתזונה, בריאות, איכות הסביבה. המטרה בבחירת קבוצות אלו הייתה לבחון האם פעילות מסוג זה עשויה לעלות את המוטיבציה ההמשכית ללמידת כימיה.

תיאור הפעילות

ההתערבות כללה שישה שלבים.

של הפרויקט. לתלמידים יש הזדמנות לחשיבה רפלקטיבית על התהליך שעברו ואפשרות להביע עמדה על הנושא. זה המקום ליצירת חיבור רגשי וקוגניטיבי ללימודי הכימיה.

שלב חמישי – השתתפות בתחרות "יש לנו כימיה" תחרות ארצית "יש לנו כימיה" נערכה בתאריך 13.3.18. לתחרות עלתה עבודה אחת מבית ספר מאיר בקריית גת וארבע עבודות מתיון צרעה.

שלב שישי – הרצאת סיכום ההרצאה נערכה במסגרת "**מדען ברשת**". היא ניתנה מפי פרופ' ניר גוב ממכון ויצמן באמצעות מצלמת אינטרנט. נושא ההרצאה: "לך אל הנמלה עצל - שביל הזהב בין קונפורמיזם ואינדיווידואליות". ההרצאה עסקה בחקר התנהגות של נמלים כיצורים המסוגלים לבצע פעולת סחיבה משותפת. מטרת השיחה הייתה לסגור את הנושא ולתת דוגמה למה שניתן ללמוד מהתבוננות בטבע ומחקר טבעי של היצורים החיים בו. להתפעל מיופיו של העולם ומהחוקים השולטים בו. התלמידים הקשיבו להרצאה ושאלו שאלות דרך מצלמת האינטרנט על עצם המחקר ועל טבע המדע מנקודת הראות האישית של התהליך שאותו עבר פרופ' ניר גוב במחקרו.

כלי המחקר

1. שאלון עמדות pre-post מטרתו העיקרית של השאלון הייתה לבדוק את שאלת המחקר המרכזית: האם המוטיבציה של התלמידים עלתה תוך כדי ביצוע ההתערבות והמחקר. **חלקו הראשון** של השאלון בא לבדוק אם המוטיבציה ההמשכית של התלמידים עלתה, ואם הם התעניינו בנושא גם מעבר לגבולות הכיתה; אם ההתערבות גרמה להם לשתף אנשים אחרים בתהליך שעברו ובידע שרכשו. שש הקטגוריות הראשונות של השאלון תוקפו באמצעות תיקוף

מומחים (Blonder & Dinor, 2011) וכללו את הקטגוריות הבאות: רלוונטיות, עניין, התלמיד במרכז, מיומנויות קוגניטיביות ומוטיבציה. **(טבלה 1).**

חלקו השני של השאלון הסגור כלל היגדים שמטרתם לקבוע כיצד תופסים התלמידים את עבודתם של המדענים. התלמידים קיבלו 11 היגדים ונדרשו לקבוע עד כמה ההיגד קשור לעבודתם של המדענים מ-1-5, כאשר 1=ההיגד אינו קשור לעבודת המדען; 5=ההיגד קשור מאוד לעבודת המדען.

חלק זה של השאלון תוקף באמצעות תיקוף מומחים שכלל 6 סטודנטים ומנחת הקורס, פרופ' רון בלונדר. דוגמה להיגדים: עבודת מעבדה - ניסויים ומחקרים, גיוס כספים, חשיפה וחקר של אסתטיקה, סימטריה ויזם שקיימים בטבע.

חלקו השלישי של השאלון הסגור כלל ציטוטים של מדענים גדולים שהביעו את התפעלותם מהחוקיות, המראות והיזם שבחקר הטבע. מטרתו לקבוע מ-1-5 עד כמה הם מזדהים עם הציטוטים לפני הפעילות ואחריה כאשר 1=לא מזדהה כלל; 5=מזדהה מאוד. חלק זה של השאלון תוקף באמצעות תיקוף מומחים שכלל 6 סטודנטים ומנחת הקורס, פרופ' רון בלונדר. דוגמאות לציטוטים: "בכל דבר בטבע יש משהו מן המופלא" (אריסטו), "המסתורין הוא הדבר היפה ביותר שביכולתנו לחוות; זה המקור לכל אמנות אמיתית ולכל מדע" (אלברט איינשטיין).

2. ריאיונות תלמידים

בנוסף לכלי המחקר האיכותיים, נעשה שימוש בריאיונות תלמידים. ראינו 10 תלמידים משני בתי הספר שהם כ-20% מכלל התלמידים שהשתתפו במחקר. התלמידים שנבחרו למחקר הם בעלי רמות ידע והבנה שונות. חלקם הגיעו עם עבודתם לגמר התחרות וחלקם לא. לריאיון נבחרו 2 תלמידים מצטיינים, 5 תלמידים בעלי הישגים בינונים ו-3 תלמידים בעלי הישגים נמוכים. בתחילת השנה הייתה המוטיבציה ללמידת כימיה

טבלה 1: חלוקת הקטגוריות בשאלון העמדות

מספר השאלות בקטגוריה	דוגמה להיגד "ללמוד כימיה דרך תמונה זה"...	הקטגוריה
5	שימושי ללימודים שלי בבית הספר גם במקצועות אחרים	רלוונטיות
6	מושך אותי לקרוא ולראות כתבות בנושאים מדעיים בעיתון ובטלוויזיה	עניין
5	גם אני משפיע על מהלך השיעור	התלמיד במרכז
5	מושך אותי לקרוא ולראות כתבות בנושאים מדעיים בעיתון ובטלוויזיה	מוטיבציה המשכית
4	כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה	מיומנויות קוגניטיביות
3	גורם לי להתפעל מיופיו של העולם	*יופי ואסתטיקה
3	לפתח סקרנות, לבדוק ולהתנסות בדברים חדשים	*חשיבה יצירתית

* ההיגדים בתחום היופי והאסתטיקה פותחו במסגרת עבודת הגמר ותוקפו באמצעות תיקוף מומחים שכלל 6 סטודנטים ומנחת הקורס, פרופ' רון בלונדר.

- עבודת צוות והצגת הפרויקט לכיתה.
- עמידה בלוח זמנים.

תוצאות

תוצאות המחקר יוצגו לפי כלי המחקר השונים.

4.1 תוצאות שאלוני המחקר:

השערת המחקר הייתה כי המוטיבציה של תלמידי מבוא לכימיה נמוכה בהשוואה לתלמידים שבחרו כימיה כמגמת הגברה. **גרף 1** מאשש את השערת המחקר באופן מובהק. ניתוח התוצאות והמובהקות הסטטיסטית נותרו באמצעות מבחן t . ניתן לראות כי ישנו הבדל משמעותי בכל הקטגוריות בין תלמידי מבוא לכימיה לתלמידי מגמת כימיה. ההבדל הגדול ביותר הוא בקטגוריית המוטיבציה והיחס של התלמידים לאסתטיקה וליופיו של העולם. השאלונים הועברו באופן אנונימי אבל סומנו בקוד מזהה על ידי כל התלמידים, כך שניתן היה לשייך כל תלמיד pre מול $post$ ולבצע מבחן t מזווג עבור כל אחד מהם.

חלקו הראשון של השאלון בדק את השינוי בתפיסתם של התלמידים בקטגוריות השונות כלפי לימוד הכימיה באופן רגיל ודרך תמונה. נראה כי קיים הבדל גדול בתפיסות בין בתי הספר, לכן התוצאות המובאות (**בגרף 2 - תיכון מאיר, בגרף 3 - תיכון**

נמוכה מאוד, למעט 2 תלמידות מצטיינות בעלות מוטיבציה גבוהה כבר בתחילת השנה.

הריאיון כלל את השאלות הבאות:

מה ההבדל בין לימוד כימיה בשיעור רגיל לבין לימוד כימיה דרך צילום תמונה?

האם שיתפת מישהו בפרויקט שעשית?

האם היית ממליץ להעביר את הפרויקט גם לתלמידים של השנה הבאה?

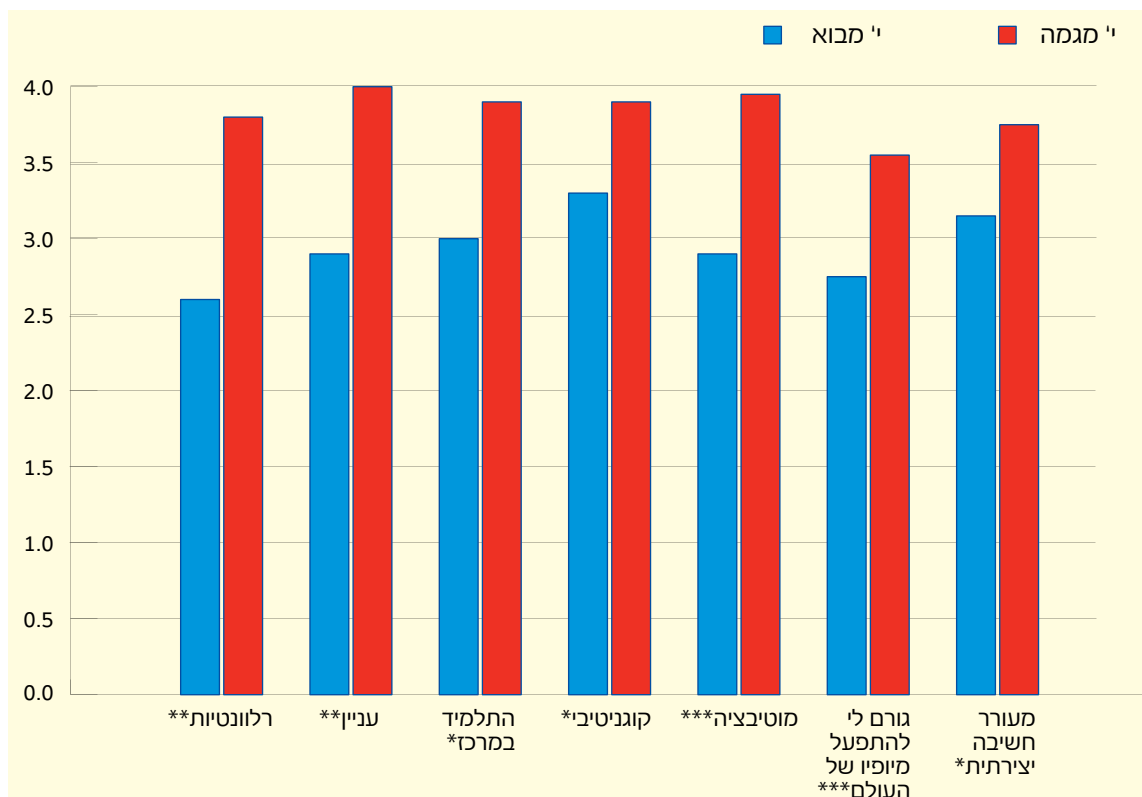
כיצד השפיעה עליך העובדה שהפרויקט נעשה בנסגרת תחרות?

3. עבודה מסכמת

על מנת להעריך את איכות העבודה הסופית והבנת הנושא ועל מנת לקבוע ציון לתלמידים, פותח מחוון. המחווון ניתן והוסבר לתלמידים עם תחילת הפרויקט. הקטגוריות המרכזיות לציון כללו את הגורמים הבאים:

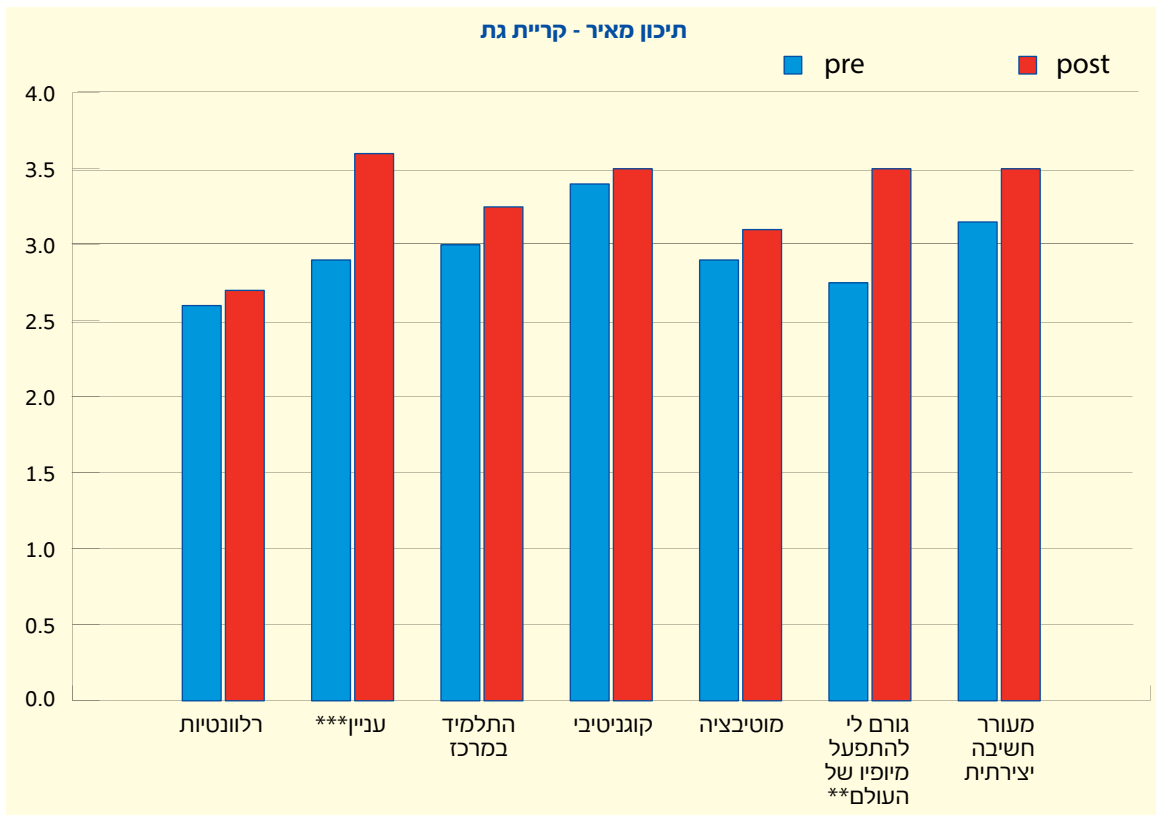
- נושא התצלום ואיכות התמונה - בקטגוריה זו נכנסו אלמנטים מתחום הצילום שנלמדו בסדנאות הצילום התאורטית והמעשית שפתחו את הפרויקט.
- איכות ההסבר המדעי - שימוש במושגים מדעיים, בהירות ודיוק מדעי, כתיבה לפי כללים, רלוונטיות לחיי היום יום.

גרף 1: השוואה בין תלמידי מגמת כימיה לתלמידי מבוא לכימיה - שאלון pre



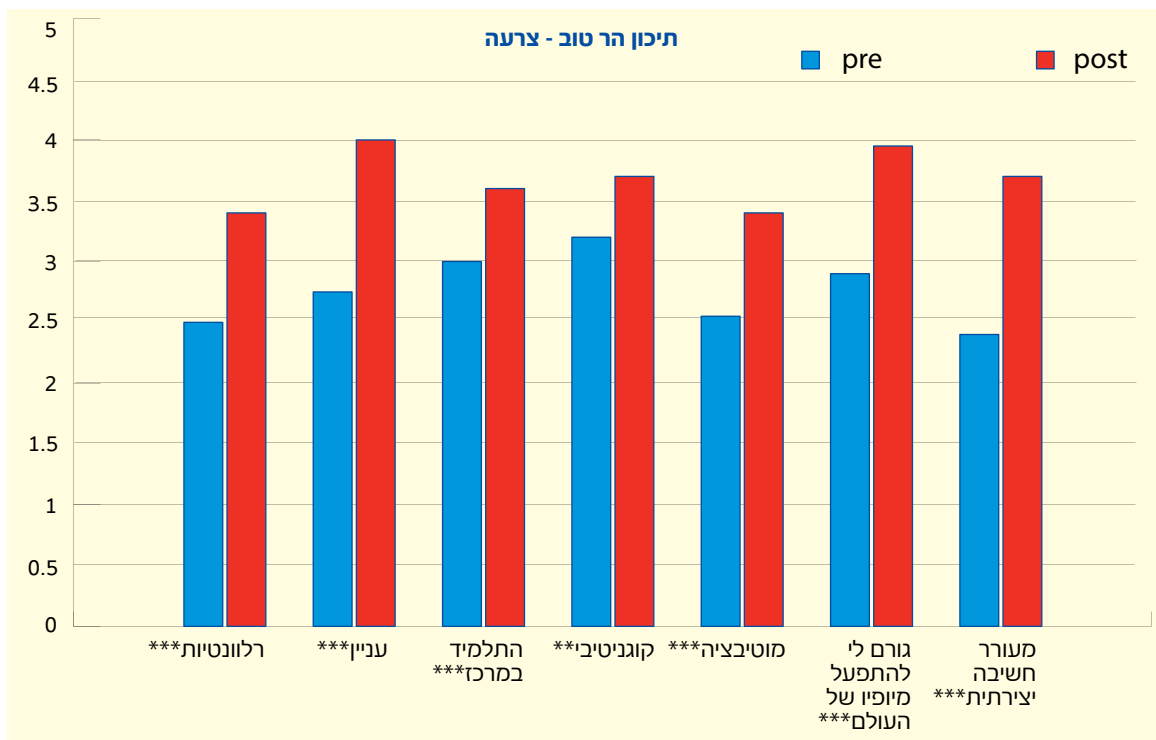
* $p < 0.05$ ** $p < 0.001$ *** $p < 0.0001$

גרף 2: שאלון עמדות תלמידים pre-post. תיכון מאיר קריית גת



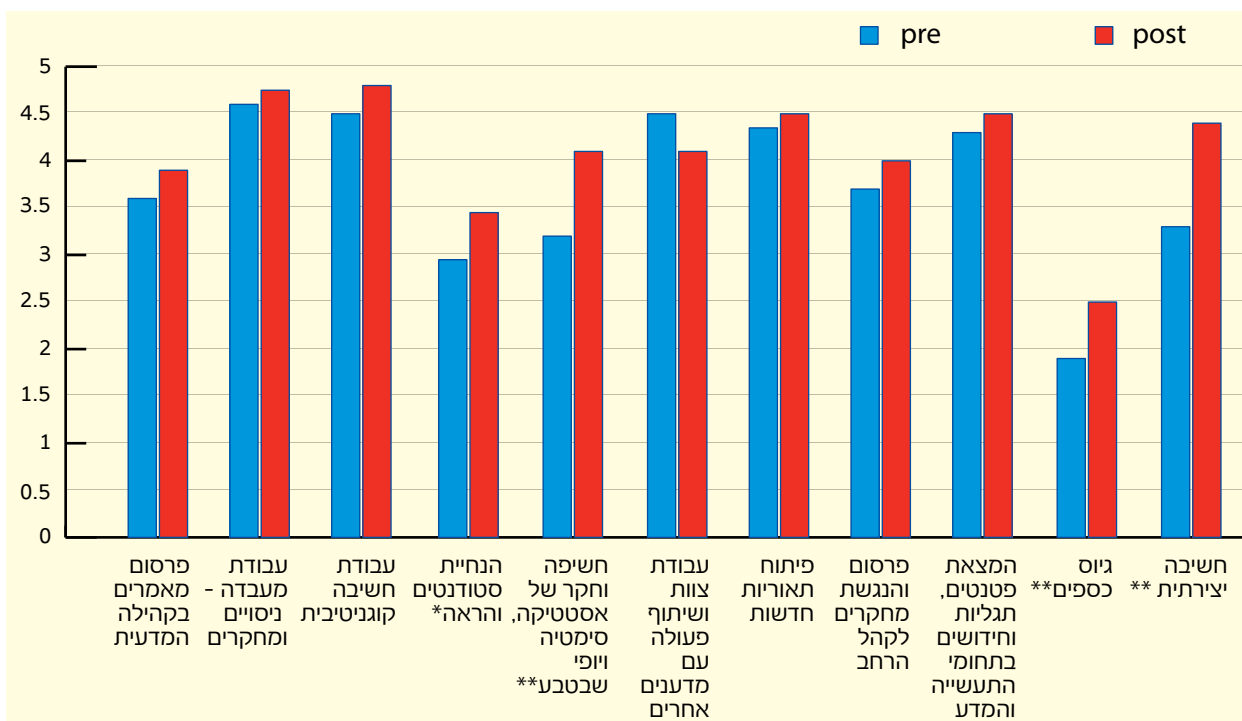
* $p < 0.05$ ** $p < 0.001$ *** $p < 0.0001$

גרף 3: שאלון עמדות תלמידים pre-post תיכון הר טוב - צרעה



* $p < 0.05$ ** $p < 0.001$ *** $p < 0.0001$

גרף 4: שאלון עמדות תלמידים - מה כוללת עבודתו של מדען?



* $p < 0.05$ ** $p < 0.001$ *** $p < 0.0001$

7. "אני שמח אפילו כשתאוריה אהובה מופרכת - כי זו גם הצלחה מדעית" (ג'ון אקלס).
8. העובדות הן כמו אוויר למדענים, בלעדיהן לעולם אי אפשר לעוף" (פאולינג).

גרף 5 מרכז את התוצאות בשינוי העמדות של התלמידים ב-2 בתי הספר ביחס למשפטים המבטאים את היופי והסימטריה שבטבע. ניתן לראות כי בכל הקטגוריות ישנה עלייה, כלומר, התלמידים מזדהים יותר עם המשפטים המצוטטים שנתנו להם.



"שחור עולה" צילמו שני לוי ורון יוסף, צרעה

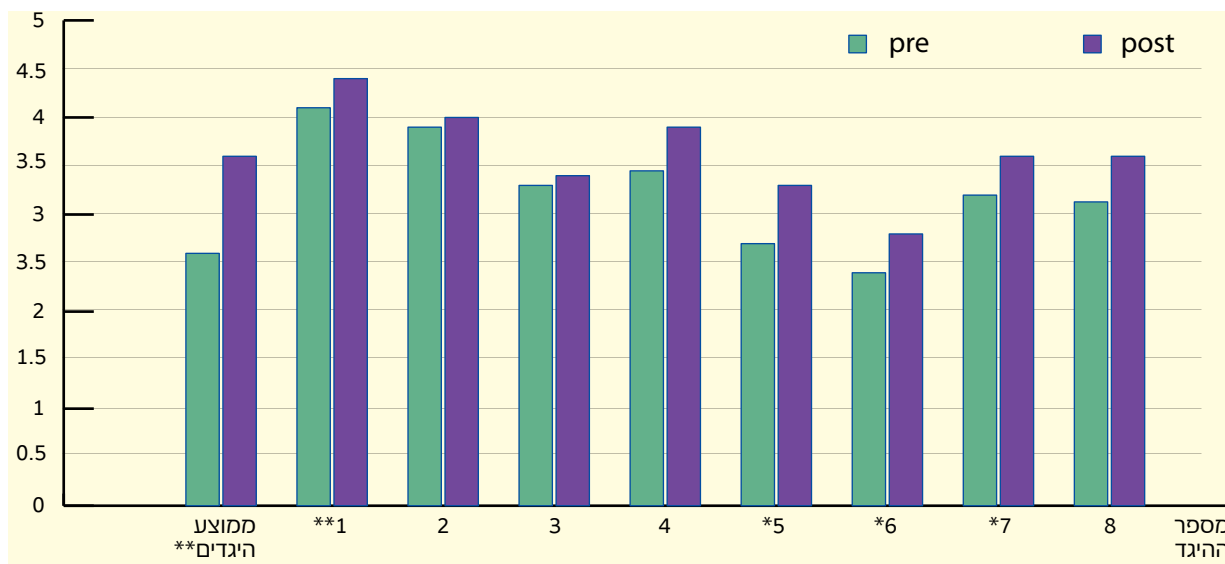
צרעה הן לכל הקטגוריות שנבדקו בכל אחד מבתי הספר בנפרד. מסיבה זו לא אוחדו שני בתי הספר בניחות המוצג בהמשך, אלא נעשתה השוואה של פרי-פוסט עבור כל בית ספר בנפרד.

חלקו השני של השאלון הסגור כלל את השאלה "מה כוללת עבודתו של מדען?". **גרף 4** מרכז את השינוי בעמדותיהם של התלמידים (בצרעה ובקריית גת). ברוב ההיגדים אין שינוי ניכר כלפי עבודתם של המדענים. שינוי בתפיסת התלמידים ניכר בעיקר בקטגוריות של: חשיפה וחוקר האסתטיקה והסימטריה שבטבע, גיוס כספים וחשיבה יצירתית.

חלקו השני של השאלון כלל את ההיגדים הבאים:

1. "בכל דבר בטבע יש משהו מן המופלא" (אריסטו).
2. "המסתורין הוא הדבר היפה ביותר שביכולתנו לחוות. זהו המקור לכל אמנות אמיתית ולכל המדע" (א. איינשטיין).
3. "ההרמוניה בטבע חייבת להסביר את המציאות" (קפלר).
4. "הטבע הוא יפה, העקרונות שמגדירים יופי עבורנו הם עקרונות טבעיים" (הקל).
5. "בעוד שאינני מבקש מכם להתעלם מהניסיון של דורות קודמים, אני מייגע לכם לא ללכת בתלם מוקדם מדוי" (פליקס בלוך).
6. "עובדות כשלעצמן הן חסרות משמעות, עד שמקשרים ביניהם בעזרת חוק כלשהו" (לואי אגסי).

גרף 5: שאלון עמדות תלמידים עד כמה אתה מזדהה עם הציטוט?

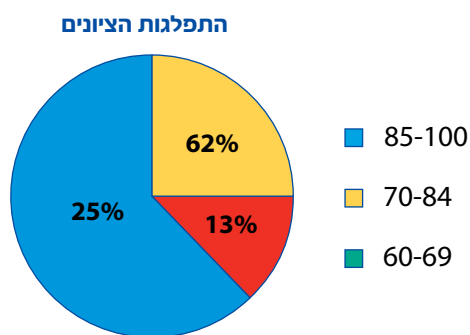


*p<0.05 **p<0.001 ***p<0.0001

4.3 תוצאות העבודה מסכמת

מתוך בדיקה וניתוח של עבודות התלמידים עולה כי רובם הצליחו ליישם את החלק האמנותי, ואיכות התצלום הייתה גבוהה. חלק מהתלמידים התקשו בהבנת המושגים המדעיים שהופיעו בגוף העבודה. לעיתים ההסבר המדעי היה חלקי או היה נראה שההסבר מועתק ממקור מידע ולא הצביע על הבנה, כפי שמוצג בגרף 6.

גרף 6: התפלגות ציוני התלמידים בעבודה הכתובה



דין בתוצאות

מתוך המחקר הכמותי ניתן ללמוד על הבדל מובהק בכל הקריטריונים בין תלמידים שבחרו במגמת כימיה כמקצוע מוגבר לבין תלמידים שלומדים "מבוא לכימיה". התחושה שלי שתלמידי "מבוא לכימיה" חסרי מוטיבציה התחלתית ללמידה, אומתה באופן מובהק בכל הקריטריונים. מכאן עולה הצורך בפיתוח

4.2 תוצאות הריאיונות

כלי מחקר איכותני זה, ריאיונות התלמידים, עברו ניתוח עפ"י שאלות המחקר וחולקו למספר קטגוריות, כפי שמוצג ב**טבלה 2** בעמוד הבא. שאלת המחקר המרכזית קשורה למוטיבציה של התלמידים, ובהתאם לתשובתם של התלמידים ניתן היה להיווכח כי העלייה במוטיבציה הייתה תוצאה של 3 גורמים מרכזיים.

מוטיבציה שנבעה מעצם הפעילות - 100% מהתלמידים התייחסו לכך ש"הכימיה" בנושא שהם בחרו היא חשובה להם, והם מדברים על כך מחוץ לבית הספר, לדוגמה: "מצאנו מלא דברים בטבע שהחלידו... ראינו בחיפוש שזו תופעה כימית שממש משפיעה על החיים... עניין אותנו להבין לעומק מה קרה שם".

מוטיבציה שהתעוררה במסגרת התחרות שבה בוצעה הפעילות - 90% מהנשאלים הביעו עמדה בריאיון שמסגרת התחרות היא חווייתית, מחזקת מיומנויות של עמידה מול קהל ומדרבנת לעבודה.

מוטיבציה המשכית - תלמידים שעסקו בנושא הכימי שאותו חקרו גם במסגרת הבית, החברים והמשפחה. אחת התלמידות אמרה במהלך הריאיון: "הפרויקט היה לי ממש ממש מעניין. קראתי על דברים שהפתיעו אותי קצת... אני חושבת שבגלל שזה עניין אותי כ"כ, קיבלתי החלטה לעבור למגמה".

כמו כן עלו מתוך הריאיונות קטגוריות נוספות שנותחו בדומה לקטגוריות בשאלוני העמדות.

דוגמאות לתשובות מתוך ראיונות של התלמידים	אחוז התלמידים שהתייחסו לקריטריון במהלך הראיון	הקריטריון
"זה לא סתם שעור רגיל, הצילום זה משהו שגורם לך להתעניין באמת למה זה קורה ולא רק ללמוד כי יש מבחן" "מצאנו מלא דברים בטבע שהחלידו...ראינו בחיפוש שזו תופעה כימית שממש משפיעה על החיים...עניין אותנו להבין לעומק מה קרה שם" "היה לי יותר "passion" "הצילום זה משהו לא רגיל, לא כמו כל שעור שלומדים ושוכחים. יצאנו לשטח וחיפשנו זוויות צילום זה היה מעניין חיכיתי לשיעור"	100%	מוטיבציה הנובעת מעצם הפעילות
"זה נותן חשק לעבוד וללמוד" תחרות גורמת לך להוציא תוצר יותר טוב" "זה שיפר לנו את הביטחון העצמי...אני בדרך כלל מגמגמת מול כיתה... והצלחתי להרצות מול אנשים חשובים"	90%	מוטיבציה הנובעת ממסגרת הפעילות והשתתפות בתחרות
"זו תופעה קטנה שיש לה השפעה על אוכלוסייה גדולה - עניין אותי לקרוא על זה" "ספרתי לאמא שלי על העבודה והיא התלהבה וספרה לי שגם לה פעם נמחק משהו שתלמיד כתב" "הפרויקט היה לי ממש מעניין קראתי על דברים שהפתיעו אותי קצת... אני חושבת שבגלל שזה עניין אותי כ"כ קיבלתי החלטה לעבור למגמה"	70%	מוטיבציה המשכית קריאת ספרים שיתוף משפחה וחברים
"המשכנו ללמוד על התפחה גם בבילוגיה. בחרנו את הנושא לביו חקר כדי להבין יותר" "אני תמיד אזכור מה הקטע של הסבון בגלל התמונה של הידיים" "היה קשה להמחיש את הרעיון החלפנו 3 רעיונות. אני חושבת שהיינו צריכות להבין טוב טוב את ההסבר המדעי כדי להמחיש בתצלום מה שרצינו להעביר"	70%	פיתוח מיומנויות קוגניטיביות הלמידה ברורה וקלה יותר, מסייעת לעשות אינטגרציה בין תחומים שונים במדע, זיכרון לטווח ארוך
"התעסקנו במשהו שבחרנו ואנחנו אוהבות צילום ואפיה הכל התקשר לנו. לא כמו בשיעור רגיל שהמורה מחייבת לעשות ככה וככה." "זה היה הרבה יותר מיוחד כי אנחנו מחליטים מה התופעה שעליה אנחנו רוצים לעשות את העבודה...על מה שמסקרן".... "היה קצת קשה למצוא זמן לעשות את הפרויקט אבל בגלל שאני בחרתי את הנושא וזה עניין יותר מצאתי זמן לזה אחה"צ וניצלתי את הזמן שנתת בכיתה כדי להתקדם"	80%	פיתוח צורת למידה בה התלמיד במרכז נותן הזדמנות להשתתף בפעילות, הפעילות מאפשרת הבנה עמוקה, שאילת שאלות ובחירת של נושא שמעניין את התלמיד
"אתה מבין כמה הכימיה פוגשת אותך בחיי היום יום" "אחרי שעשיתי את הניסוי עם הסבון התחלתי לחשוב למשל מעניין מה הכימיה שבמשחת שיניים? או באבקת כביסה?" "לקח לנו הרבה זמן לחשוב איך להעביר את הרעיון המדעי שרצינו להסביר. זה דרש מאתנו הרבה יצירתיות ומחשבה" "ההרצאה הייתה מעניינת זה גרם לי להבין שצריך לפתוח את העיניים ולהסתכל על העולם. המדע נמצא סביבנו בכל מקום"	100%	פיתוח יצירתיות וגורם לי "להתפעל מיופיו של העולם"
"הייתי ממליצה ללמד את היחידה. זה הרבה יותר כיף ללמוד בצורה כזו" "בטח. ככה זוכרים מה שלומדים" "כן. אבל כדאי לתת לתלמידים לצלם גם באיפון כדי לא להיות תלויים במורה"	100%	המלצה ללמד את היחידה שנה הבאה

השאלונים הכמותיים מצביעים על שינוי מובהק בתפיסת התלמידים את עבודתם של המדענים בקטגוריות הבאות:

1. הנחיית סטודנטים והוראה.
2. חשיפה וחקר של אסתטיקה, סימטריה ויופי שבמדע.
3. גיוס כספים.
4. חשיבה יצירתית.

אלה ממדים שהתלמידים לא היו מודעים אליהם, והם כלולים בתוך עבודתם של המדענים. יש קשר בין כל הקטגוריות שבהן השתנתה תפיסת התלמידים באופן מובהק. ניתן להצביע על כך שלימוד כימיה דרך תמונה גרם לתלמידים להתפעל מיופיו של העולם. סביר להניח כי הפרויקט גרם להם לראות את המדע באור שונה. ייתכן מאוד שזה הוביל לשינוי בתפיסת תפקידם של המדענים. התלמידים הבינו כי למדענים תפקיד רחב יותר שאינו מסתכם רק במחקר, המצאת פטנטים וניסויים במעבדה, אלא תפקיד שנתפס באופן הוליסטי וכולל גם חשיפה של יופי, אסתטיקה של הטבע. נראה כי פעילות המורים בכיתה, האופן שבו הם בוחרים להציג את הדברים, אכן מהווים תפקיד מרכזי וחשוב בשינוי תפיסתי זה, כפי שהובא בסקירה הספרותית (Mead & Metraux, 1957).

מסגרת התחרות שבה נעשה פרויקט זה הייתה גורם משמעותי ביותר. מתוך תוצאות הריאיונות האיכותניים נראה כי מסגרת זו השפיעה בעיקר על תחום המוטיבציה. אמנם זו מוטיבציה חיצונית המניעה לפעולה אך עפ"י הספרות יש בכוחה להשפיע גם על מוטיבציה פנימית המניעה את התלמידים ללמידה (ברק שטיין, 2013).

תוכניות מסוג זה שמטרתן להגביר עניין ולעלות את המוטיבציה. מהתוצאות האיכותניות ובעיקר מהריאיונות עולה שהמוטיבציה של תלמידים עלתה. הם דיווחו על עניין, סקרנות ורלוונטיות לחיי היום יום. 70% מהנשאלים בריאיון דיווחו על שיתוף החומר עם משפחה וחברים ודיווחו כי התעניינותם בתחום הכימיה עלתה. נתון זה תואם לתוצאות מחקרים קודמים שנעשו בתחום שמראים כי נושאים שרלוונטיים לחיי היום יום של התלמידים, תחרויות, ושיטות לימוד שמציבות את התלמידים במרכז - כל אלה גורמים לעלייה במוטיבציה של התלמידים (Bennett & Lubben, 2007). כמו כן עולה מהריאיונות כי שילוב תחום אמנות הצילום (שילוב ה-"A" בתחום ה-stem) השפיע באופן חיובי על המוטיבציה של התלמידים. תלמידים שהתחברו פחות ללימודי הכימיה, מצאו דרך צילום הניסוי או צילום התופעה חיבור מעשי לחיי היום יום. מהריאיונות ניכר כי הפרויקט עורר בהם רגשות (כיף, מעניין, מסקרן, passion). שילוב אמנות הצילום מפתח יכולות קוגניטיביות בצדו הימני של המוח. מיומנות הנרכשת בלימוד מקצועות מדעיים-טכנולוגיים (stem) מפתחת את החלקים הקוגניטיביים בצדו השמאלי של המוח. שילוב של שניהם משפר את היכולות הקוגניטיביות (McGrath & Brown, 2005). מתוך הריאיונות וניתוח העבודות המסכמות ניתן לראות שיפור כזה, אך מהסקר הכמותי רק בתיכון צרעה היה שיפור מובהק בתחום המיומנויות הקוגניטיביות.

מתוך השאלונים הכמותיים ניתן לראות עלייה מובהקת ומשמעותית ב-2 בתי הספר בקטגוריה שבה לימוד דרך תמונה גרם לי להתפעל מיופיו של העולם ומקטגוריה העוסקת בעניין. ישנה עלייה בהזדהות של התלמידים עם ציטוטים הקשורים ליופיו של העולם.



"שן הזמן אותי אוכלת" צילמו: נעה טל, יובל יפה, יעל סלע - תיכון הר טוב צרעה



"יין יאנג ומה שביניהם" צילמו איתי רשף, מאיה מלמד, מיה לוי