

מכון ויצמן למדע

תכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים

הוראת כימיה בהקשר: שילוב הטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning בכיתה י"א, כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון חיזור

מגישה: חנין בשארה

מנחה: פרופ' רון בלונדר

תאריך ההגשה: יולי 2016

תוכן עניינים

2	תקציר
3	1. רקע תיאורטי
8	2. מטרת המחקר
8	3. שאלות המחקר
9	4. השערות
11	5. תיאור הפעילות
18	6. שיטות המחקר
18	6.1. אוכלוסיית היעד
18	6.2. כלי מחקר והערכה
20	7. תוצאות המחקר
27	8. דיון ומסקנות
30	9. סיכום אישי רפלקטיבי
32	10. השלכות להוראה
32	10. המלצות למחקר המשיכי
33	מקורות
35	נספחים
35	נספח מס' 1- רשימת קישורים ומקורות לסרטונים ולאיוורים
37	נספח מס' 2- שלוש שאלות ממבחן ידע שמסכם נושא מבנה וקישור
38	נספח מס' 3-מצגת הניקוי העצמי
49	נספח מס' 4- משימת הביצוע: החול מחול
51	נספח מס' 5- תמונות ממטלת הביצוע
53	נספח מס' 6- ניסוי לוחות הנחושת
55	נספח מס' 7-מצגת מלווה לניסוי הנחושת
56	נספח מס' 8- תמונות מניסוי לוחות הנחושת
57	נספח מס' 9- שאלון עמדות
59	נספח מס' 10- שאלות ראיון אישי עם תלמידים

תקציר

בעבודת מחקר זו נחקרה הוראת כימיה בהקשר בתיכון באמצעות שילוב הטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning בכיתת י"א, כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון חוזר בכימיה. מטרת העבודה היא לבדוק כיצד השימוש בטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning, שמבוססת על ננוטכנולוגיה וקשורה לכמה מושגים בכימיה הנלמדים בתיכון יכולה לשמש כמבנה מארגן. מבנה מארגן שיעזור לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בדרך כלל כנושאים נפרדים, להעמיק את הבנת התלמידים בנושאים הנלמדים, לקשור את הנלמד לחיי היומיום ולהעלות את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

בעבודה נבדק האם השימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן יסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה כנושאים נפרדים. כמו כן נבדק האם ההוראה בהקשר תעזור להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים והאם היא תעזור לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. בנוסף נבדקה השפעת ההוראה בהקשר על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

במחקר הנוכחי פותחה יחידת התערבות ונעשה שימוש בכלי המחקר הנ"ל: שאלות ממבחן ידע שמסכם נושא מבנה וקישור, שאלון עמדות וראיונות. ממצאי המחקר מראים שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן סייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה כנושאים נפרדים, התלמידים הצליחו להכניס עוד נושאים למבנה המארגן דבר שמעיד על קישור טוב מאוד בין הנושאים. ההוראה בהקשר תרמה מאוד להבנת התלמידים לנושאים הנלמדים ובחרו להציג את הנושאים האלה בכנס תלמידי הכימיה השלישי שהתקיים במרץ 2016 בעיר טירה. התלמידים קשרו את מה שנלמד לחיי היומיום וחלק מהם התחיל לתת הסברים מדעיים לתופעות מדעיות הן להורים שלהם והן לחברים. חדשנות הטכניקה, הרלוונטיות שלה והיותה נושא מחזית המדע הלהיבה מאוד את התלמידים דבר שגרם להם לספר לכל מי שמכירים על הטכניקה ואפילו להראות להם סרטונים כמו כן חלק גדול הפגינו על רצון להמשיך בלימודי המדעים דבר שמעיד על מוטיבציה המשכית.

עבודה זו מחזקת את חשיבות השיטה עבור התלמידים ואת תרומתה הרבה להבנת התלמידים לנושאים שנלמדים, קישור בין הנושאים שנלמדים בכימיה כנושאים נפרדים, לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים ולהעלאת המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

1. רקע תיאורטי

ננוטכנולוגיה מכונה גם "המהפכה התעשייתית" של העדן המודרני (Jones, Blonder, Gardner, 2013). ההתפתחות המהירה של תחום הננוטכנולוגיה הביאה להתפתחות יישומים חדשניים ומדהימים במגוון תחומים. בכל שנה הולך וגדל מספר המוצרים שמבוססי ננו ולכן גם גדל הצורך לחנך וללמד אזרחים ותלמידים לגבי הסיכונים והיתרונות ועל ההשלכות החברתיות והאתיות הקשורות בננוטכנולוגיה. חשיבות הנושא דחפה מספר מדינות לפתח תכניות לימוד חדשות שמטרתן חינוך הדור הבא של המדענים והאזרחים של היום נושא חשוב זה. מתוך צדק חברתי אומרים Jones et al (2013): יש לנו מחויבות לוודא שהחינוך יהי זמין לסטודנטים נרחבים ממדינות שונות וכי תחום חדש זה של מחקר אינו נחלתם הבלעדית של אלה עם משאבים חברתיים וכלכליים. כמו הטכנולוגיה המתפתחת יש עניין רחב גם ביישומים הננו טכנולוגיים מאחר ונושאים אלה מרתקים לנוער ולמבוגרים. החידושים וההתקדמות בתחום המדע מתקדמים במהירות ולכן זה קריטי שמחקרים בתחום חקר החינוך המדעי יעמדו בקצב התקדמות זה כדי שנוכל לעצב שיטות חינוך יעילות (Jones, et al., 2013). חשוב לזכור שכאשר מדובר על חדשנות ויישומים ננו טכנולוגיים זה מכיל בתוכו: יישומים נוכחיים ועתידיים, חיקוי הטבע (ביומימטיקה) ויתרונות וחסרונות הננו טכנולוגיה. (Sakhnini & Blonder, 2015).

מחקרן של (Sakhnini & Blonder, 2016), שמטרתו הייתה זיהוי יישומים ננוטכנולוגיים מומלצים ללימוד בתיכון ויכולתם לשמש להוראה בהקשר להוראת מושגים חיוניים במדע וטכנולוגיה ננומטרים (nanoscale science and technology NST) ואפליקציות מומלצות להוראה בתיכון. במחקר התבססו על קהילות של מומחים: הראשונה מורי מדעים בתיכון שמלמדים דיסציפלינות מדע שונות: כימיה, ביולוגיה, ביוטכנולוגיה ופיסיקה ויש להם ניסיון של לפחות 15 שנים בהוראה ובעלי רקע ב NST ממקורות שונים, והשנייה חוקרי NST מאוניברסיטאות והתעשייה בישראל. ממצאי המחקר מצביעים כי גם המורים וגם החוקרים מסכימים על חשיבותם של חמשת היישומים הבאים: (1) ננו רפואה, (2) ננו אלקטרוניקה, (3) תאים פוטו ווולטאיים, (4) ננו רובוטים, (5) ניקוי עצמי. גם Jones et al (2013) ציינו שיישום הניקוי העצמי הוא דוגמא של חומר 'חכם' שנושא הבטחה להשגת עולם יותר יעיל.

לפיכך, בעבודת המחקר הנוכחית בחרתי להתמקד ביישום הננוטכנולוגי של ניקוי עצמי. להלן כמה ציטוטים מתורגמים מהמחקר (Sakhnini & Blonder, 2016) על חשיבות לימוד היישום ניקוי עצמי, אשר כתבו מורים וחוקרים:

"זה ממחיש את התועלת של הננו חומרים לשמירה על סביבה ירוקה" (חוקר).

"זה מדגים את העיקרון ששינויים בסקלה הננו מטרתית יכולים להיות בעלי השפעה מועילה על פעילויות יומיומיות" (מורה).

"חומרי הניקוי עצמי כבר קיימים בשווקים המסחריים; ולכן, לקוחות צריכים לדעת על המאפיינים שלהם ולהבין את העקרונות המדעיים מאחורי הפעילות הייחודית שלהם" (מורה).

”ניקוי עצמי” self-cleaning

היכולת המרהיבה של עלי הלוטוס לדחות לכלוך ולהישאר נקי שימשה השראה לפיתוח חומרים בעלי יכולת ניקוי וחיטוי עצמי ”ניקוי עצמי” self-cleaning (ביומימטיקה -חיקוי הטבע). החוקרים פיתחו חומרים מלאכותיים בעלי כושר ניקוי עצמי, מקצתם מבוסס על ”אפקט הלוטוס”. ישנם שלוש שיטות של ניקוי עצמי (Ragesh, Venkatesan, Nair, & Nair, 2014):

1. **משטחים סופר הידרופוביים:** בדומה לעלי הלוטוס שמכסות את כל פני שטחו בגבושיות מיקרוסקופיות (עם כיסוי מחוספס של גבישי שעווה ננוסקופיים המצפה את הגבושיות ומגבירות את אפקט דחית המים) גם משטחים אלה שהם דומים לעלי הלוטוס מכוסים בשכבה הידרופובית דוחה מים מפני שטחם אינם חלקים, פני השטח המחוספסים מגדילים את שטח הפנים ועושות את המשטח סופר הידרופובי עם זווית מגע של 160 מעלות עם מים. הטיפות הנוצרות על פני השטח מקבלות צורה כדורית ומתגלגלות בקלות תוך כדי כך שהם נושאות איתם את הכלוך (פורבס, 2008).



פורבס, פ. (2008). חומרים המתנקים מעצמם, מגזין סינטיטיק אמריקן ישראל, גליון דצמבר, 38-45.

2. **משטחים הידרופיליים:** אלה משטחים שפני השטח שלהם הידרופיליים, זווית המגע בין טיפת המים למשטח קטנה מ – 30 מעלות ולכן המשטחים מורידים את הכלוך תוך כדי כך שקושרים מים, המים נוטים להימרח על פני כל השטח ושכבת המים הזורמים נושאת את הכלוך הלאה (פורבס, 2008).

3. **ניקוי מכאני על ידי אור השמש - אפקט פוטו-קטליטי (Photocatalytic effect):**

משטחים שאפקט הניקוי העצמי שלהם מבוסס על קטליזה של תגובה כימית בהשפעת אור אולטרה סגול. ב 1990 שלושה חוקרים יפניים: אקירה פוג'ישימה, קזוהיטו השימוטי וטושייה וטנבה גילו שאור אולטרה- סגול המוקרן על שכבות טיטניה (TiO_2) בעובי ננומטרי משפיע אותן ומאפשר להן לזרז תגובות כימיות של פירוק חומרים אורגניים (אפקט פוטו-קטליטי) ובהם מרכיבי דופן התא של חיידקים, לפחמן דו חמצני ולמים (פורבס, 2008).

הטיטניה מפגינה פעילות פוטו-קטליטית מפני שהיא חומר מוליך למחצה ופוטון של אור אולטרה- סגול באורך גל של כ 388 ננומטר גורם לעירור אלקטרונים מרמות האנרגיה המלאות של "פס הערכיות" במינרל, ומעלה אותו אל פס ההולכה הריק שבו יכולים האלקטרונים לזרום ולהוליד זרם חשמלי כתוצאה מכך נוצרים שני נושאי מטען ניידים: האלקטרון שהוקפץ אל פס ההולכה ו"החור" שנותר בפס הערכיות, כאשר מטענים אלה

חופשיים הם יכולים לפעול על מולקולות מים וחמצן המצויות על פני השטח של הטיטניה וליצור יונים רדיקליים על-חמצניים (סופראוקסידים - O_2^-) ורדיקליים הידרוקסיליים (OH), צורנים אלה מפרקים חומרים אורגניים לפחמן דו חמצני ולמים (פורבס, 2008 ; Ragesh, Venkatesan, Nair, & Nair, 2014).

השימוש בציפויי טיטניה הופך את המשטח לסופר הידרופילי עם כושר הרטבה מוחלט ויוצא דופן, זווית מגע של אפס מעלות למים. המשטח אינו מתערפל והפעילות הפוטו-קטליטית של הטיטניה מוסיפה גם כושר חיטוי והפגת ריח טוב באמצעות כך שמפרקת חומרים אורגניים והורגת חיידקים. שכבות הטיטניה הנומטריות שקופות ולכן ניתן לצפות בהם גם זכוכית (פורבס, 2008).

הוראת כימיה בהקשר

על פי גילברט (2006) בכל העולם ובמשך ה 20 שנה האחרונות הוראת המדעים בכלל וגם הכימיה מתמודדת עם הבעיות הבאות: תוכניות הלימוד מוצפות בתוכן (Millar & Osborne, 2000; Rutherford & Ahlgren, 1990), העובדות מבודדות- התלמידים לא מצליחים לתת משמעות למה שהם לומדים ואינם מצליחים לקשור בין העובדות המבודדות הדבר שיכול לגרום להשתתפות נמוכה בכיתה, שכיחת את מה שנלמד ואי מסוגלות ליצור סכמה מנטלית (שכלית), חוסר העברה- התלמידים יכולים לפתור בעיות שהוצגו בפניהם בדרכים שלמדו אותן ונתקלו בהן ונכשלים בפתרון בעיות באמצעות אותם מושגים כאשר מוצגים להם בדרכים שונות וכמעט ואין העברה של מה שנלמד לחי היומיום והרוב הגדול של התלמידים בוחר לא להמשיך בלימודי הכימיה כי אינם רואים את הרלוונטיות לכך.

אחת הדרכים להתמודד בפני אתגרים אלה היא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמיד נמצא (Gilbert, 2006). ההוראה בהקשר מאופיינת על ידי השימוש בהקשרים חברתיים, טכניים או מדעיים כנקודת מוצא לפיתוח הבנה בכימיה ויצירת כימיה יותר רלוונטית לחי היומיום של התלמידים (Sakhnini & Blonder, 2016). גילברט (2006) ניסה לאפיין ולהעריך ארבעת דגמים של "ההקשר" העומדים בבסיס הניסיונות האחרונים לבצע רפורמה בתכנון של קורסים בחינוך כימאים. הוא הציג תיאוריות שבהן ניתן ליישם תוכניות לימוד מבוססי הקשר והגיע למסקנה שתפקידה של ההוראה בהקשר, לאפשר לתלמידים להיות מסוגלים לספק משמעות למה שהם לומדים בכימיה ולחוות את החוויה שמה שהם לומדים הוא רלוונטי לכמה אספקטים בחייהם.

כתוצאה מכניסת הגישה של הוראה בהקשר חלו שינויים רבים בחינוך המדע. פותחו מגוון רב של חומרים שמשתמשים בהקשרים ויישומים כנקודה מוצאת ליצירת הבנה של רעיונות ומושגים מדעיים. הספרות עשירה בתיאורים של תוכניות מבוססות הקשר (Sakhnini & Blonder, 2016). גישת סלטר "Salters approach" כפי שהוצגה במחקרם של (Bennett & Lubben, 2006) נולדה בראשית 1980 מהצורך שבתי הספר למדעים צריכים להיות יותר מעניינים ומושכים, יותר רלוונטיים לאינטרסים של הצעירים ולחייהם היומיומיים וכמו כן צריך לערב אותם במגוון רחב של פעילויות למידה בהם הם יכולים לעסוק באופן פעיל. הגישה נודעה בתור דוגמא מעולה לגישת

ההוראה בהקשר "context- based" והבסיס לקורסים שפותחו בגישה זו הוא להציג רעיונות מדעיים על בסיס " צריך לדעת". הרעיונות והמושגים בגישה זו נבחרו ונלמדו בהקשרים שמטרתם הערכת התלמידים לכימיה. הם היו צריכים להיות קשורים לחיי היומיום של התלמידים ומאפשרים להם הבנה טובה יותר של הסביבה הטבעית שלהם. יחידות הקורס צריכות להתחיל עם היבטים של חיי התלמידים אשר הם חוו אותם באופן אישי או באמצעות התקשורת. בתיכון. קורסי ההוראה בהקשר בכימיה שפותחו במסגרת פרויקט זה מתארות את ההקשר בכימיה כשאלה או בעיה אותנטית שנחשבת רלוונטית לתלמידים עם מתן האפשרות לתלמידים לשלב רעיונות ופעילויות משלהם בשלבים שונים במהלך ההוראה (Parchmann, Gräsel, Baer, Nentwig, Demuth & Ralle, 2006)

מבנה מארגן ולמידה משמעותית

בהתבסס על תיאורית ההטמעה של אוסובל של למידה משמעותית ותורת ההכרה הקונסטרוקטיביסטית, התאוריה כוללת חמישה אלמנטים: מורה, תלמיד, נושא, הקשר, והערכה, כל אחת מהן חייבת להיות משולב באופן קונסטרוקטיבי כדי להשפיע על רמות גבוהות של למידה משמעותית (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978). האפיגרף שהופיע בראש שתי המהדורות של ספר הפסיכולוגיה החינוכית שלו (Ausubel, 1968; Ausubel et al., 1978) וצוטט אינסוף פעמים:

"If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly .

"לו היה עלי לסכם את כל הפסיכולוגיה החינוכית לעיקרון אחד בלבד, הייתי אומר כך: הגורם האחד החשוב ביותר המשפיע על הלמידה הוא מה שהלומד כבר יודע. בררו זאת ונלמדו אותו בהתאם". על פי תיאורית הלמידה של אוסובל למידה משמעותית לטווח ארוך מתרחשת כאשר נוצרים קשרים בין ידע קודם לידע חדש ושניהם ביחד מרכיבים מערכת מושגים הניתנת לייצוג על ידי " מפת מושגים" (Novak & Gowin, 1984). ארגון הידע על ידי מבנה מארגן מטפח הבנה עמוקה ומעודד יצירתיות (Novak & Gowin, 1984). מתוך זה בניתי מבנה מארגן כסוג של מפת מושגים והחלטתי להשתמש בו.

ישומי ננוטכנולוגיה הינם מועמדים טובים להוראה בהקשר בחינוך המדעי מאחר ויש להם קשרים ברורים לחיי היומיום של התלמידים, יש להם היבטים תעשייתיים וכולם מייצגים סביבה עשירה המערבת מחקר, חברה, ותעשייה (Sakhnini & Blonder, 2016). תוכניות לחינוך ננוטכנולוגיה התפתחו במקומות רבים בעולם (Jones, et al., 2013). המחקרים מראים שהשימוש בתוכנית הלימוד Nano Leap שמשלבת מושגי ליבה במדעים (כגון כוחות בין מולקולאריים) עם מושגים במדעי הננו מעלה את הבנת התלמידים במושגים הבסיסיים בננוטכנולוגיה כמו כן משפרת את ההבנה של מושגי הליבה במדעים ותומכת בלמידה מבוססת חקר (Greenberg, 2009). לכן הוראת כימיה בהקשר ליישום ננוטכנולוגי כגון ניקוי עצמי עלולה לפתח הבנה למושגי הליבה בכימיה. כמו כן עולה ממחקר אחר שלימוד נושא יעיל, שימושי ורלוונטי לחיי היומיום מחזית המדע תוך

שימוש בפדגוגיה שבה התלמיד במרכז גרם לעליית העניין והמוטיבציה ההמשכית בקרב התלמידים (Blonder & Dinur, 2011). אלסטר (2009) מצביע על כך שהוראה בהקשר בביולוגיה הופכת את התוכן הביולוגי לחווייתי והשימוש בגישה, למידה מבוססת הקשר, משפיע על העניין והמוטיבציה ההמשכית של התלמידים להמשיך ללמוד מדעים. אותה המסכנה הגיעו אליה לגבי הוראת הכימיה (Gilbert, 2006).

על פי המחקרים שהוצגו, יישומי ננוטכנולוגיה מייצגים הקשרים שיכולים לעשות מהמדע יותר לרלוונטי, מעניין, ומשמעותי לתלמידים ולחיי היומיום שלהם. הוראה בהקשר על ידי השימוש ביישומי ננוטכנולוגיה מספקת לסטודנטים הזדמנות ללמוד איך עובד המדע המודרני ויכולה לעודד את התלמידים לחשוב על קריירה במדעים (Jones, et al., 2013).

2. מטרת המחקר

כפי שהוצג בסקירה הספרותית ישנה חשיבות רבה להוראה בהקשר ולארגון הידע במבנה או מפת מושגים (מבנה מארגן הוא סוג של מפת מושגים) שיכולה לקשור בין המושגים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים, ראינו שהיישומים הננו טכנולוגים שהניקוי העצמי אחד מהן מייצגים הקשרים שיכולים לעשות מהמדע יותר לרלוונטי, מעניין, ומשמעותי לתלמידים ולחיי היומיום שלהם. לפיכך מטרת עבודה זו היא לבדוק כיצד השימוש בטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" - self-cleaning, שמבוססת על ננוטכנולוגיה וקשורה לכמה מושגים בכימיה הנלמדים בתיכון יכולה לשמש כמבנה מארגן שיעזור לתלמידים:

1. לקשור בין הנושאים שנלמדים בדרך כלל בנושאים נפרדים.
2. להעמיק את הבנת התלמידים בנושאים הנלמדים.
3. לקשור את הנלמד לחיי היומיום.
4. להעלות את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

3. שאלות המחקר

1. האם השימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן יסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים?
2. האם ההוראה בהקשר תעזור להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים?
3. האם ההוראה בהקשר תעזור לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים?
4. האם ההוראה בהקשר תשפיע על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים?

4. השערות

משתנה 1: קשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים: בכל העולם ובמשך ה-20 שנה האחרונות הוראת המדעים בכלל וגם הכימיה מתמודדת עם הבעיה שהעובדות מבודדות- התלמידים לא מצליחים לתת משמעות למה שהם לומדים ואינם מצליחים לקשור בין העובדות המבודדות. בעיה זו יכולה לגרום להשתתפות נמוכה בכיתה, אחת הדרכים להתמודד בפני אתגר זה הוא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמיד נמצא (Gilbert, 2006). מבנה מארגן הינו סוג של מפת מושגים, על פי תיאורית הלמידה של אוסובל למידה משמעותית לטווח ארוך מתרחשת כאשר נוצרים קשרים בין ידע קודם לידיע חדש ושניהם ביחד מרכיבים מערכת מושגים הניתנת לייצוג על ידי " מפת מושגים" (Novak & Gowin, 1984) כמו כן, ארגון הידע על ידי מבנה מארגן מטפח הבנה עמוקה ומעודד יצירתיות (Novak & Gowin, 1984). לפי כך נבנה מבנה מארגן וצפוי שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן יסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים.

משתנה 2: העמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים: יישומי ננוטכנולוגיה הינם מועמדים טובים להוראה בהקשר בחינוך המדעי מאחר ויש להם קשרים ברורים בחיי היומיום של התלמידים (Sakhnini & Blonder, 2016), ההוראה בהקשר מאופיינת על ידי השימוש בהקשרים חברתיים, טכניים או מדעיים כנקודת מוצא לפיתוח הבנה בכימיה (Sakhnini & Blonder, 2016), המחקרים מראים שהשימוש בתוכנית Nano Leap שמשלבת מושגי ליבה במדעים עם מושגים במדעי הננו מעלה את הבנת התלמידים במושגים הבסיסיים בננוטכנולוגיה כמו כן משפרת את ההבנה של מושגי הליבה במדעים ותומכת בלמידה מבוססת חקר (Greenberg, 2009). לפיכך צפוי שהוראת הכימיה בהקשר ליישום הננוטכנולוגי ניקוי עצמי, תעזור להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים.


משתנה 3: קשור הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים: הוראת המדעים בכלל וגם הכימיה מתמודדת עם הרבה בעיות ואי היכולת להעביר ולקשור את מה שנלמד לחיי היומיום היא אחת מהבעיות האלה, הדרך לעמוד בפני בעיה זו היא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמיד נמצא (Gilbert, 2006), תפקידה של ההוראה בהקשר לאפשר לתלמידים להיות מסוגלים לספק משמעות למה שהם לומדים בכימיה ולחוות את החוויה שמה שהם לומדים הוא רלוונטי לכמה אספקטים בחייהם (Gilbert, 2006), הוראה בהקשר על ידי השימוש ביישומי ננוטכנולוגיה מספקת לסטודנטים הזדמנות ללמוד איך עובד המדע המודרני ויכולה לעודד את התלמידים לחשוב על קריירה במדעים (Jones, et al., 2013), הבסיס לקורסים שפותחו בגישת סולתר הוא להציג רעיונות מדעיים על בסיס " צריך לדעת". הרעיונות והמושגים בגישה זו נבחרו ונלמדו בהקשרים שמטרתם הערכת התלמידים לכימיה והם היו צריכים להיות קשורים לחיי היומיום של התלמידים (Bennett & Lubben, 2006). לפיכך צפוי שההוראה בהקשר תעזור לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים.

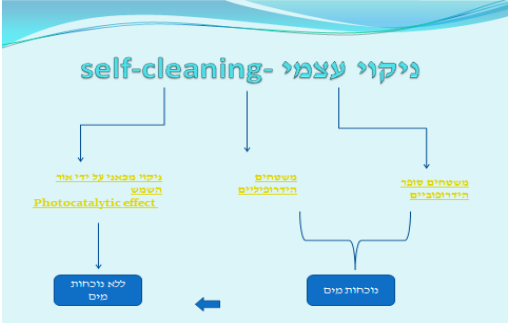
משתנה 4: מוטיבציה ההמשכית של התלמידים: צפוי שההוראה בהקשר על ידי השימוש בטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning תעלה את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים. מחקן של (Blonder & Dinur, 2011) מראה שלימוד נושא יעיל שימושי ורלוונטי לחיי היומיום מחזית המדע תוך שימוש בפדגוגיה שבה התלמיד במרכז גרם לעליית העניין והמוטיבציה ההמשכית בקרב התלמידים, הוראה בהקשר תשפיע על העניין והמוטיבציה ההמשכית של התלמידים להמשיך ללמוד מדעים (Gilbert, 2006), הוראה בהקשר על ידי השימוש ביישומי ננוטכנולוגיה מספקת לסטודנטים הזדמנות ללמוד איך עובד המדע המודרני ויכולה לעודד את התלמידים לחשוב על קריירה במדעים (Jones, et al., 2013), הוראה בהקשר בביולוגיה הופכת את התוכן הביולוגי לחווייתי ושימושי בגישה, למידה מבוססת הקשר, משפיע על העניין והמוטיבציה ההמשכית של התלמידים להמשיך ללמוד מדעים (Elster, 2009), אותה המסכנה הגיעו אליה לגבי הוראת הכימיה (Gilbert, 2006).

5. תיאור הפעילות

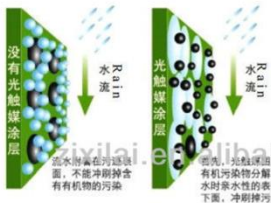
השתמשתי בהוראת הטכניקה החדשנית self-cleaning שמבוססת על ננו חלקיקים כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון חיזור. ההתערבות שלי התחילה מסוף הנושא מבנה וקישור ועד סיום הנושא חמצון חיזור והיא נמשכה כחודשיים. שבעה שיעורים בשבוע במשך 8 שבועות במהלך השליש הראשון ותחילת השליש השני. הפעילויות התבצעו בשלבים עם קבוצת הניסוי בלבד. להלן יוצגו השלבים ומטרת כל אחד מהם לפי רצף ההוראה והנושאים שנלמדים בנוסף לתצפיות מהשיעורים (טבלה מס' 1). הקישורים והמקורות לסרטונים ולאיוורים ניתן למצוא בנספח מס' 1.

טבלה 1. ריכוז שלבי הפעילויות ומטרותיהם לפי רצף ההוראה והנושאים שנלמדים.

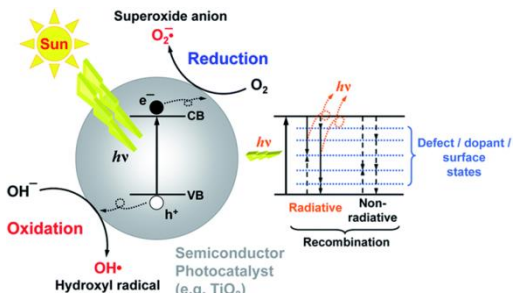
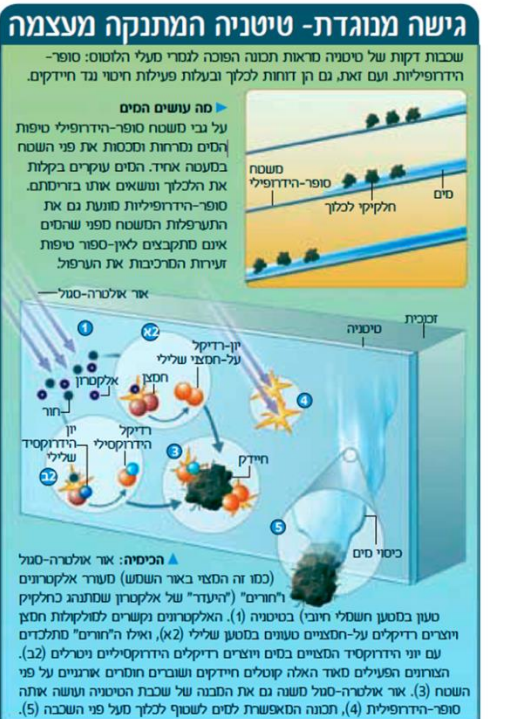
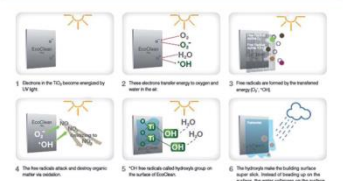
מס' השלב	השלב	מטרת השלב	הערות ותצפיות מהשיעורים
1	<p>סיפורו של עלה הלוטוס וסרטונים שמראים איך עלה הלוטוס מנקה את עצמו.</p> <p>סרטון ראשון סרטון שני</p> <p>את הסרטון השני עצרתי לפני שמתחיל לדבר על יישומים בתעשייה.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> לחשוף את התלמידים ליכולת המרהיבה של עלה הלוטוס לדחות לכלוך ולנקות את עצמו. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים התלהבו מאוד מכל העניין במיוחד אלה שיש להם עלי לוטוס בבית.
2	<p>מה זה ביוממטיקה (חיקוי הטבע): היכולת המרהיבה של צמח הלוטוס לדחות לכלוך שימשה השראה לטכנולוגיות ניקוי וחיטוי עצמי.</p> <p>הערה: המשכתי להראות לתלמידים את החלק השני של הסרטון השני שמופיע בשלב מס' 1</p> <p>בנוסף לסרטון Superhydrophobic coating - Repels almost any liquid!</p>	<ul style="list-style-type: none"> שהתלמידים יכירו את המושג ביוממטיקה. הכרת המושג: "ניקוי עצמי" self-cleaning שזה אחד הפיתוחים המעניינים בנושא ננוטכנולוגיה. יישומי הטכניקה בחיי היומיום ובתעשייה. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים הראו התעניינות רבה בנושא הננוטכנולוגיה, דבר שבא לידי ביטוי בשאלות הרבות והמגוונות, הם שאלו הרבה שאלות ולא הייתה להם הסבלנות לחכות קצת עד לקבלת התשובה. שקט מוחלט בכיתה וריכוז שלא ראיתי

<p>כמוהו, התלמידים היו עם עיניים פתוחות וחיוך על הפנים.</p> <ul style="list-style-type: none"> • התלמידים זיהו שמדובר במשטחים הידרופוביים שדוחים מים. • השארתי את התלמידים עם הסקרנות וההתלהבות לדעת איך עובד הניקוי העצמי. • הרבה תלמידים בקשו לראות את הסרטונים עוד הפעם. • יום למחרת הרבה אמרו שהראו את הסרטונים לבני משפחותיהם. 			
<ul style="list-style-type: none"> • הופתעתי שהתלמידים הבינו מהר את העניין של זווית ההרטבה וההבדל בין סוגי המשטחים: הידרופובי וסופר הידרופובי. 	<ul style="list-style-type: none"> • חשיפה לשלושת שיטות הניקוי העצמי • ההתמקדות בשיטה הראשונה: משטחים הידרופוביים. • להמחיש לתלמיד ולתת לו את האפשרות להבין מה זה זווית הרטבה והתרומה של המשטח הגבשושי בהקטנת שטח המגע עם המים והגדלת זווית ההרטבה עד כ- 150 מעלות. • לקשור את מה שנלמד במבנה 	<p>חשיפה למצגת בנושא " ניקוי עצמי" self-cleaning והצגת המבנה המארגן הבא:</p>  <p style="text-align: right;">איור</p>	<p>3</p>

<p>וקישור לחיי היומיום ולפיתוחים ויישומים חדשניים.</p>	<p>וקישור לחיי היומיום ולפיתוחים ויישומים חדשניים.</p>	<p>הבסיס - הפיסיקה של הלוטוס</p> <p>אפקט הניקוי העצמי של הלוטוס נובע מכך ששני השטח של הגולה הידרופוביים (זוהי סימ) ביותר. ההידרופוביות או ההידרופיליות (משכה לסימ) של החומר קובעות את זווית המגע בין החומר לשטח הפנים של הסימ.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>כיצד הלוטוס מנקה את עצמו</p>  <p>סימ אפיוני משטח הלקיף ללקיף</p> <p>סיפת סימ מוחלקה על משטח טיפוס (לא הידרופובי ולא הידרופילי במיוחד) ומתוודה את חב הללקיף מאחור.</p>  <p>סיפת הסימ מתגלגלת על פני המשטח הסופר-הידרופובי, אוספת את הללקיף וששאת אותו עמה. הדיקה בין הסימ לללקיף גדולה מן הדיקה שיש לכל אחד מהם למשטח.</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>זוויות מגע</p>  <p>משטח הידרופילי: פחות מ-30 מעלות</p>  <p>משטח הידרופובי: יותר מ-90 מעלות</p>  <p>משטח סופר-הידרופובי: יותר מ-150 מעלות</p> <p>הזווית הקרה נובעת מבנושיות הלכזות אויר בין הסימ למשטח ומקטינות את שטח המגע ביניהם.</p> </div> </div> <p>(מצגת הניקוי העצמי תופיע בנספח מס' 3)</p>	<p>4</p> <p>איור</p>
<p>התלמידים שמעו על המושג ננו טכנולוגיה בטלויזיה אך הם לא הבינו מה זה ועל מה מדובר, הם לא ידעו מה זה הגודל ננומטר.</p>	<p>לתת לתלמידים להבין עד כמה מימדי הננו קטנים ותרומתם בהקטנת שטח הפנים והגדלת זווית המגע שהופכת את המשטחים לסופר הידרופוביים.</p>	<p>התמקדות במשטחים הסופר הידרופוביים ובאופן ספציפי על מה זה ננו טכנולוגיה וסקלת הננו</p> <p>איור</p>  <p>סרטון - Powers of Ten</p>	<p>4</p>
<p>התלמידים התלהבו מאוד מהחול, קראו עליו ועל השימושים שלו באינטרנט.</p> <p>שמחה גדולה הייתה בכיתה, כל התלמידים עבדו הפגינו מוטיבציה ויצירתיות יוצאת דופן. (התמונות ממטלת הביצוע יופיעו בנספח מס' 5).</p>	<p>עבודה והתנסות עם חומר שדוחה מים.</p>	<p>משימת ביצוע- החול מחול (נספח מס' 4)</p>	<p>5</p>

<ul style="list-style-type: none"> • תלמיד אמר לי: איזה כיף ללמוד כימיה, היום אני אספר לכולם על החול הזה ואפילו אזמין אותו שיהיה לי בבית וכך אוכל לתת להורים ולאחים שלי לשחק אתו. 			
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים שאלו שאלות יותר לעומק. • הפגינו התעניינות בכל הנושא של ניקוי עצמי וננוטכנולוגיה. • תלמיד אחד שעובד בחנות של כלי בית וריהוט לגן קם ואמר לי: אתמול שמו למישהו על הזכוכית הקדמית של האוטו חומר ששומר על הזכוכית נקיה ואז אני הסברתי להם איך החומר הזה עוד והייתי מאוד גאה בעצמי והאנשים התלהבו ממני מאוד. 	<ul style="list-style-type: none"> • הכרת שיטה שנייה של ניקוי עצמי. • לעמוד על ההבדלים ברמת המיקרו בין משטחים ההידרופיליים וההידרופוביים. • לקשור בין מה שנלמד במבנה וקישור לחיי היומיום ולפיתוחים חדשניים. • התחלת הקישור בין המושגים ההידרופובי והידרופילי. 	<p>התמקדות בסוג השני של המשטחים שעושים ניקוי עצמי: משטחים הידרופיליים ואופן פעילותם.</p>  <p>Without coating Water attached on the surface of the stains, can't take away dirt & organic pollutants.</p> <p>ZXL-CQS Nano self cleaning coating ZXL-CQS will make the stains not attached on glass and decompose the organic pollutants. Easy to take away the dust & dirt by the Rain.</p> <p>הכרת הצמח כובע הנזיר וניסויים להרטיבו.</p> 	6
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים התנסו בקסם הכימיה. • צעקות ההתלהבות והצחוקים מלאו את המעבדה. • תמונות מהניסוי (נספח מס' 8) 	<ul style="list-style-type: none"> • להמחיש יותר את ההבדלים בין משטחים הידרופיליים וההידרופוביים ברמת המיקרו וזווית ההרטיבה 	<p>ניסוי לוחות הנחושת+ מצגת- הכנת משטח שפעם עושים אותם הידרופילי ולאחר מכן הופכים אותו להידרופובי (הניסוי בנספח מס' 6 והמצגת בנספח מס' 7)</p>	7

			
<ul style="list-style-type: none"> • בהתחלה רק הסברתי מה זה פוטו-קטליזה מבלי להיכנס לאיך עובד הניקוי העצמי בפוטו-קטליזה וכשאר התלמידים בקשו להבין איך השיטה עובדת הסברתי שבגלל זה צריכים בהתחלה ללמוד חמצון חיזור ורק אחר כך נבין איך הטכניקה עובדת. • התלמידים התלהבו ללמוד את הנושא של חמצון חיזור כי ידעו שבזכותו הם יבינו את השיטה. 	<ul style="list-style-type: none"> • להכיר את המושג • לקשור בין הנושאים שנלמדים. 	<p>פוטו-קטליזה ברמת ההגדרה הדרישה לנוכחות מים לצורך הניקוי העצמי תוביל לדבר על השיטה השלישית של הניקוי העצמי שאינה מחייבת נוכחות מים. פוטו-קטליזה.</p>	8
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים הפגינו הבנה טובה מאוד לנושא מאחר ולמדו אותו מתוך "הצורך לדעת". 	<ul style="list-style-type: none"> • הכרת הנושא בכל פרקיו ונושאים במטרה לענות על שאלות הבגרות הקשורות בנושא. 	<p>חמצון חיזור לפי התוכנית הרגילה</p>	9

<ul style="list-style-type: none"> • צפיתי שהתלמידים יתקשו בהבנת עירור האלקטרונים ויצירת מטענים ניידים והופתעתי לטובה. • התלמידים נדהמו מהאופן שבו הדברים מתרחשים. 	<ul style="list-style-type: none"> • להכיר את המושג מוליך למחצה. • תיאור מנגנון הפוטו-קטליזה בעזרת ציפוי הטיטניה. 	<p>חזרה למצגת ולמבנה המארגן- לעמוד על שיטת הפוטו-קטליזה ותכונות הטיטניה</p> 	<p>10</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • לעמוד על התכונות הבסיסיות של הטיטניה שמשנות עקב השינוי בגודל החלקיקים לגודל של ננו 	<p>תכונות הטיטניה שמשנות עם שינוי גודל החלקיקים</p>	<p>11</p>
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים התלהבו מאוד ממנגנון הפעולה. 	<ul style="list-style-type: none"> • תיאור מנגנון עבודת ציפויי הננו טיטניה. • קישור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים. 	<p>גישה מנוגדת- הטיטניה שמתנקה מעצמה</p>  <p>הכיסיה: אור אלטרה-סגול (כמו זה המצוי באור השמש) מעורר אלקטרונים ו"חורים" ("היעדר" של אלקטרון) שמתנהג כחלקיק טעון במטען חשמלי חיובי) בטיטניה (1). האלקטרונים מקשרים למולקולות המטען ויוצרים רדיקלים על-המצעים טעונים במטען שלילי (2), ואילו ה"חורים" מתלכדים עם יוני ההידרוקסיד המצויים במים ויוצרים רדיקלים ההידרוקסיליים ניטרלים (3). הצדדים הפעילים מאד האלה קוטלים חיידקים ועוברים חומרים אורגניים על פני השטח (4). אור אלטרה-סגול מעורר גם את המבנה של שכבת הטיטניה ועושה אותה סופר-הידרופילית (5), תכונה המאפשרת למים לשטוף ללא שום על פני השכבה (6).</p> <p>סרטון Nano Titanium Dioxide (TiO2)</p>  <p>Fig. 17 Various steps in photocatalysis achieved using the Titanium dioxide coating on the buildings (pre-painted aluminium surfaces).¹⁴⁴⁰</p>	<p>12</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • חשיפה למגוון הגדול של שימושי החומר שמתנקה מעצמו. 	שימושים בחיי היומיום	13
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים התלהבו מאוד והפגינו רמת ידע גבוהה מאוד והעלו מושגים שלא חשבתי שיעלו אותם כמו: חור שטעון חיובית, עירור אלקטרונים, שמש, זווית הרטבה... <ul style="list-style-type: none"> • תלמיד אחד אמר שהוא מאוד גאה בעצמו שידיע ומבין כל כך הרבה מושגים ונושאים 	<ul style="list-style-type: none"> • המחשה למידת הקישוריות בין המושגים והנושאים. 	פעולת סיכום- ריכוז כל המושגים שנלמדו במהלך כל הפעילויות ברשימה אחת על הלוח ויצירת מפת מושגים.	14
<ul style="list-style-type: none"> • התלמידים נתנו לקהל הסברים מפורטים ודברו בשפה מדעית מאוד גבוהה. 		השתתפות בכנס תלמידי הכימיה השלישי שהתקיים בטירה- התלמידים הציגו את היישום ניקוי עצמי ופעילות החול	15

6. שיטות המחקר

6.1. אוכלוסיית היעד

השיעורים התקיימו בבית ספר "בית חינוך ומדעים תיכון ג'לג'וליה" בכפר ג'לג'וליה במסגרת שיעורי הכימיה לכיתה י"א (תלמידי מגמת כימיה). המחקר התבסס על שתי קבוצות של תלמידים: הראשונה קבוצת הניסוי שאותה אני מלמדת, הקבוצה מורכבת מ-25 תלמידים (11 בנים ו-14 בנות) ההוראה בקבוצה הזו התבצעה על ידי השימוש ביישום הנוטכנולוגי החדשני "ניקוי עצמי" self-cleaning כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון חיזור. הקבוצה השנייה שמשה כקבוצת ביקורת, הקבוצה הזו מלמדת אותה מורה אחרת והיא מלמדת על פי תוכנית משרד החינוך ובדרך הרגילה.

6.2. כלי מחקר והערכה

לצורך הערכת השימוש ביישום ניקוי עצמי כמבנה מארגן ולהוראה בהקשר והשפעתו על התלמידים נעשה שימוש בכלי המחקר הבאים: מבחן ידע, שאלון עמדות "ללמוד כימיה זה...." וראיונות.

מבחן ידע: שלוש שאלות שהוכנסו למבחן סיום נושא מבנה וקישור. שלוש השאלות ניתנו לשתי קבוצות התלמידים: קבוצת הניסוי וקבוצת הביקורת. מטרת המבחן היא איסוף נתוני ידע התחלתיים לגבי רמת שתי הכיתות ומסוגלות התלמידים לתת הסברים ברמת המיקרו והיישום (השוואה בין שתי הקבוצות). (שלוש השאלות מופיעות בנספח מ' 2)

שאלון עמדות "ללמוד כימיה זה....": השאלון הועבר לשתי הקבוצות לאחר סיום נושא חמצון חיזור (סיום ההתערבות). השאלון כלל 25 היגדים שמתייחסים לקטיגוריות הבאות: רלוונטיות, הבנה, קישור בין נושאים, עניין, כימיה כמקצוע מודרני ומוטיבציה המשכית. בשאלון נדרשו התלמידים להתייחס להיגדים בדרוג של 1-5. מטרת השאלון היא בדיקת עמדות התלמידים במספר ממדים על פי הקטגוריות השונות. השאלון פותח במסגרת קורס סמינר המדע ועבר תיקוף מומחים שנעשה בקבוצה של 7 מורות ומנחה לחינוך כימיה. מבחן α -cronbach לבדיקת מהימנות הקטיגוריות: עניין, רלוונטיות, מוטיבציה, וכימיה כמקצוע מודרני נעשה על סמך 280 שאלונים של תלמידים של שבע מורות עמיתות. ההיגדים שמתייחסים לשתי הקטיגוריות האחרות שהם הבנה וקישור בין נושאים עברו תיקוף מומחים על ידי המורות העמיתות והמנחה פרופ' רון בלונדר במסגרת הקורס עבודת גמר בתוכנית רוטשילד ויצמן.

היגדים לדוגמה עבור כל אחת מן הקטיגוריות, מס ההיגדים ומדדי α -cronbach מופיעים בטבלה מס' 2. (השאלון מופיע בנספח מס' 9)

טבלה 2. מציגה שש הקטיגוריות המופיעות בשאלון עמדות, מס ההגדים ונתוני α -cronbach

α -cronbach	מס' היגדים	היגד לדוגמא	קטגוריה
0.82	5	מלמד אותי נושאים רלוונטים לי, נושאים שנוגעים לחיי.	רלוונטיות
0.82	5	מקדם את העניין שלי במדע	עניין
0.78	5	מעורר רצון להמשיך ללמוד בצורה כזו	מוטיבציה המשכית
0.7	4	ללמוד על גילויים מדעים וחידושים טכנולוגיים	כימיה כמקצוע מודרני
	5	גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש	קישור בין הנושאים
	4	כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה	הבנה

ראיונות תלמידים: רואיינו 5 תלמידים מקבוצת הניסוי. נבחרו תלמידים מרמות למידה שונות: שני תלמידים מצוינים, שני תלמידים בינוניים ותלמיד אחד חלש. הראיון היה ראיון סגור שמטרתו לחזק את הממצאים שהתקבלו משאלון העמדות ולשמע יותר את התלמידים מדברים ומתבטאים. (שאלות הראיון מופיעות בנספח מס' 10)

7. תוצאות המחקר

להלן יוצגו התוצאות על פי כלי המחקר השונים

מבחן ידע: אחרי חשיפת תלמידי קבוצת הניסוי בלבד לסיפורו של עלה הלוטוס, הסרטונים שמראים איך עלה הלוטוס מנקה את עצמו ומה זה ביוממטיקה ולפני הכניסה לגוף יחידת ההוראה שפותחה (אחרי השלב השני משלבי הפעילויות שהוצגו בתיאור הפעילות). התלמידים משתי הקבוצות נתבקשו לענות על שלוש השאלות הבאות מתוך מבחן מסכם מבנה וקישור. (מאוד חשוב לציין שהציון שהתקבל בשלוש השאלות לא נכלל בציון הסופי של המבחן והתלמידים קבלו את הנקודות כבונוס, על זה התלמידים ידעו רק אחרי המבחן):

א. תנו שלוש דוגמאות לחומרים הידרופיליים ושלוש דוגמאות לחומרים הידרופוביים?

ב. ציינו שימושים או קשר של התכונות הידרופיליות והידרופוביות לחיי היומיום?

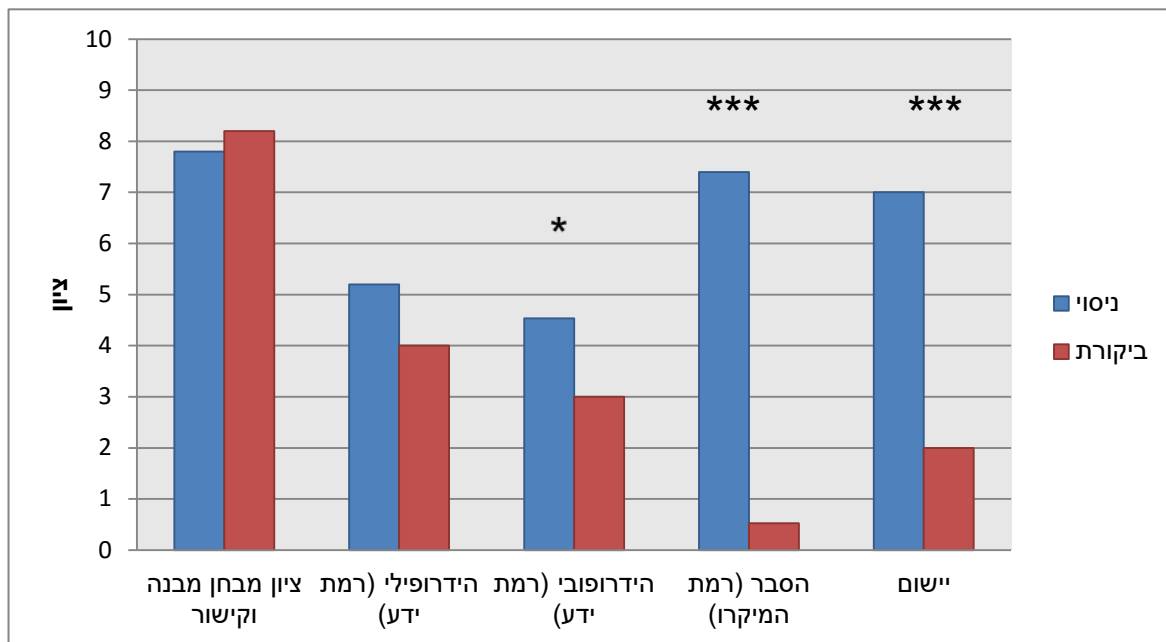
ג. תבחרו שימוש אחד והסבירו אותו או את מנגנון ההפעלה שלו (איך הוא עובד) ברמה המיקרוסקופית?

תשובות התלמידים נותחו לפי מבחן t שבדק קבוצות זרות (ניסוי מול ביקורת) של נבדקים. התוצאות מוצגות בטבלה מס' 3 ובאיור מס' 1. טבלה מס' 3 מציגה השוואה בין ממוצע ערכי ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן עבור שתי הקבוצות, וכן נתונים סטטיסטיים המעידים על המובהקות (P) שלהם.

טבלה 3. תיאור ממוצע ערכי ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן עבור שתי הקבוצות ורמת המובהקות.

מובהקות P	ביקורת	ניסוי	
0.17	8.2	7.8	ציון מבחן מבנה וקישור
0.06	4	5.2	הידרופילי (רמת ידע)
0.03	3	4.53	הידרופובי (רמת ידע)
1.03E-08	0.52	7.4	הסבר (רמת המיקרו)
3.6E-05	2	7	יישום

¹ ממוצע ערכי הציונים בשלוש השאלות נורמל ל 10



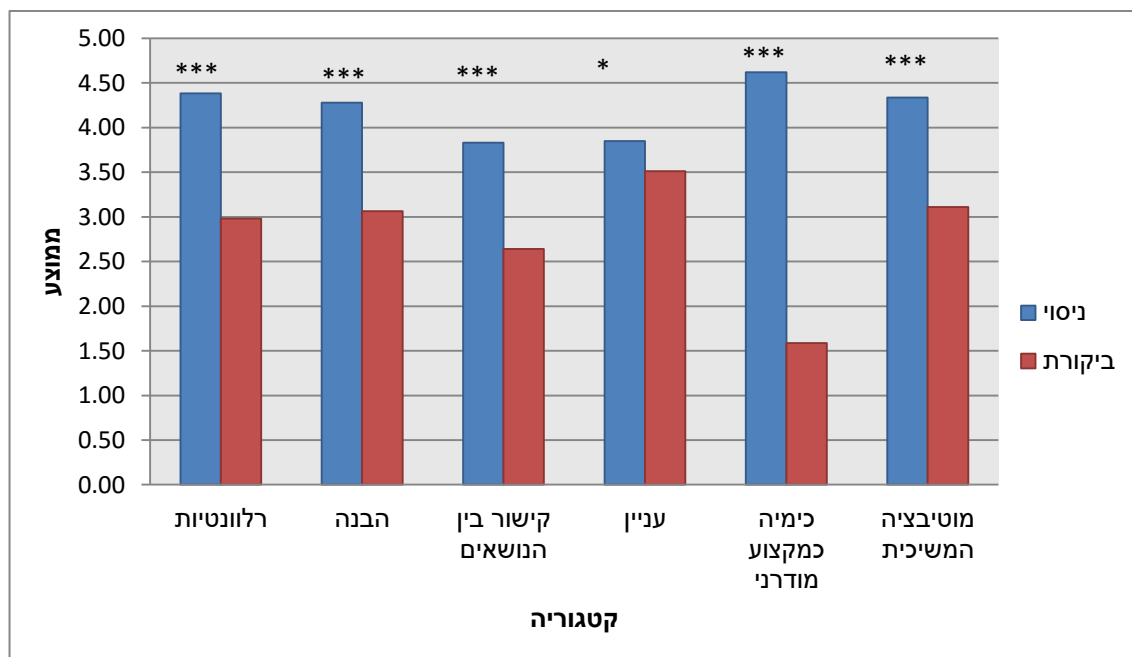
איור 1. השוואת ממוצע ערכי ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן. $p < 0.0001$, $p < 0.05$.

לפי התוצאות של מבחני t שמופיעות בטבלה ובגרף שלעיל ניתן לראות שאין הבדל מובהק בציון המבחן בשתי הקבוצות דבר שמעיד על כך ששתי הקבוצות מבחינת רמת הישגים הם דומות. ההבדלים המובהקים הופיעו בשאלות היישום וההסברים ברמת המיקרו.

שאלון עמדות "ללמוד כימיה זה....": השאלון הועבר לשתי הקבוצות לאחר סיום נושא חמצון חיזור (סיום ההתערבות). השאלון כלל 25 היגדים שבודקים את עמדות התלמידים ביחס לקטיגוריות הבאות: רלוונטיות, הבנה, קישור בין נושאים, עניין, כימיה כמקצוע מודרני ומוטיבציה המשכית. בשאלון נדרשו התלמידים להתייחס להיגדים בדרוג של 1-5. ניתוח התוצאות נעשה לפי מבחן t שבודק קבוצות זרות (ניסוי מול ביקורת) של נבדקים. התוצאות מופיעות בטבלה מס' 4 ובאיור מס' 2. טבלה מס' 4 מציגה השוואה בין נתוני קבוצת הניסוי והביקורת בשש הקטיגוריות, וכן נתונים סטטיסטיים המעידים על המובהקות שלהם.

טבלה 4. ממוצע ערכי עמדות התלמידים בקטיגוריות השונות, ורמת המובהקות.

קטגוריה	ניסוי	ביקורת	מובהקות P
רלוונטיות	4.38	2.98	1.12E-10
הבנה	4.28	3.06	2.26E-10
קישור בין הנושאים	3.83	2.64	1.02E-11
עניין	3.85	3.51	0.0236
כימיה כמקצוע מודרני	4.62	1.59	1.83E-23
מוטיבציה המשכית	4.34	3.11	2.35E-10



איור 2. השוואת ממוצעי עמדות התלמידים בקטיגוריות השונות. $p < 0.05$, * $p < 0.0001$, ***

תוצאות המחקר שהתקבלו באמצעות שאלון העמדות ולפי מבחני t, מציגות הבדל מובהק לגבי הקטיגוריות ($p < 0.0001$ ***). כלומר ניתן לדחות את השערת האפס ולהגיד שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning כמבנה מארגן אכן סייעה לתלמידים: לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה כנושאים נפרדים, להעמיק הבנתם לנושאים שנלמדים, לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. כמו כן השפיעה את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

ראיונות תלמידים: רואיינו 5 תלמידים מקבוצת הניסוי: שני תלמידים מצוינים, שני תלמידים בינוניים ותלמיד אחד חלש. הראיון היה ראיון סגור שמטרתו לחזק את הממצאים שהתקבלו משאלון העמדות ולשמוע יותר את התלמידים מדברים ומתבטאים. הראיונות נותחו באופן איכותי וכמותי (אחוזים) לפי מטרות המחקר. תוצאות הראיונות מוצגות **בטבלה מס' 5** שמציגה את מטרות המחקר אל מול ציטוטים נבחרים מתוך תשובות התלמידים ואחוז התלמידים המרואיינים שלגביהם המטרה הושגה .

טבלה 5. מטרות המחקר אל מול ציטוטים נבחרים מתשובות התלמידים ואחוז התלמידים.

מספר התלמידים (אחוזים)	ציטוטים	מטרות המחקר
5/5 (100%)	<p>"אם אני מסתכל עכשיו על החומר שלמדנו אני מרגיש שאני הכי מבין את הנושאים : חמצון חיזור, הידרופובי והידרופילי. אני הסברתי לכל מי שאני מכיר על הטכניקה הזו אני מרגיש כל כך מבין ושולט בנושא ויכול להסביר אותו בקלות ונוחות ובביטחון עצמי" (תלמיד בינוני שנהג לישון בשיעורים).</p> <p>"איך שלמדנו עם המצגת של הניקוי העצמי היה מאוד אמתי וקשור אלינו ולחיים וגרם לי להבין את הנושאים הנלמדים טוב יותר. עכשיו כשאני לומדת לקראת הבגרות אני מרגישה את זה יותר" (תלמידה מצוינת).</p> <p>"אם אצטרך פעם להעביר נושא בכימיה אני אבחר באחד הנושאים שהיו קשורים בניקוי העצמי, כי אותם אני הכי מבין" (תלמיד מצוין).</p> <p>"עכשיו ולפני הבגרות אני לא מרגישה שאני צריכה לחזור על הנושאים הידרופובי והידרופילי אני אחזור ממש מעט על חמצון חיזור וזהו כי אני מבינה אותם טוב מאוד. אני בחיים לא אשכח את הנושאים הקשורים לניקוי העצמי, זה היה מאוד מרתק" (תלמידה חלשה).</p>	<p>העמקת הבנת התלמידים לנושאים הנלמדים</p>

<p>5/5 (100%)</p>	<p>"הנושא קשור לחיי היומיום, זה שונה למשל מנושא סטויכיומטריה שאני לא מרגישה וחושה אותו בכלל ולא נתקלת בו" (תלמידה מצוינת).</p> <p>"זה לא סתם עוד נושא. זה אמתי, מה להגיד לך פעם שנאתי כימיה והיום אני ממש רואה בזה נושא מעניין, מרתק מודרני וקשור לחיים" (תלמידה חלשה).</p> <p>"כל הזמן בבית אני מדברת כימיה ומסבירה לכולם דברים. אימא שלי ערבבה שמן במים ואז אני הסברתי לה למה זה לא מתערבב במונחים של מבנה וקישור. פעם אמרתי לאימא שלי זה לא עושה קשרי מימן גרשה אותי מהמטבח" (תלמידה בינונית).</p> <p>"זה הנושא היחיד שקשר הכי הרבה בין מה שלומדים בכיתה במחברות ועל הלוח לבין החיים האמתיים" (תלמיד מצוין)</p> <p>"הכימיה היא לא רק במחברת ובתיאוריה זה גם בחיים" (תלמידה חלשה).</p> <p>"אני עובד בחנות שמוכרת מוצרים לבית ולגן, בקשתי מבעל העסק שיזמין את החומר שעושה ניקוי עצמי, עכשיו יש לנו את החומר בחנות וכאשר האנשים באים לחנות אני מראה להם את החומר ונותן להם הסברים על מנגנון העבודה שלו במונחים מדעיים, זה נותן לי הרגשה מעולה כי בעל העסק מסתכל עליי בהתלהבות" (תלמיד בינוני).</p>	<p>קישור לחיי היומיום</p>
-------------------	--	----------------------------------

<p>5/5 (100%)</p>	<p>"הנושאים מאוד קשורים ומחוברים, אני כל הזמן הרגשתי שאנחנו לומדים משהו נבחרים בו ועוברים לנושא וכותרת חדשה, אמנם הכל קשור אבל עכשיו אני מרגיש את הקשר בין הנושאים מבחינה מעשית. זה יותר אמתי ויותר מורגש" (תלמיד בינוני).</p> <p>"היה לי מוזר שאנחנו לומדים על הניקוי העצמי כי לא תיארתי לעצמי שזה קשור לכימיה, בסוף גיליתי שאפשר לקחת יישום זה ולקשור אותו לכל מה שנלמד בכימיה" (תלמידה חלשה).</p> <p>"מאוד הייתי רוצה שנלמד את הנושאים האחרים גם בשיטה זו שמקשרת בין הנושאים על ידי מבנה מארגן ומשתמשת ביישומים מהחיים, אולי יש עוד יישומים טכנולוגיים שנוכל להשתמש בהם?" (תלמיד מצוין).</p> <p>"ניתן להוסיף למבנה המארגן את נושא חומצות שומן" (תלמידה חלשה).</p> <p>"אפשר להכניס למבנה המארגן את נושא האנרגיה" (תלמיד מצוין).</p> <p>"הטכניקה של הניקוי העצמי גרמה לי להבין שהכל קשור, היא קושרת: חמצון, חיזור, אנרגיה, שמש, אלקטרונים, מטענים, הידרופובי, הידרופילי וקשרי מימן ועוד מלא דברים" (תלמידה בינונית).</p>	<p>קישור בין נושאים</p>
<p>5/5 (100%)</p>	<p>"השיטה הזו גרמה לי להתרכז בכלל בכל הנושאים שלמדנו אחר כך. הפסקתי לישון בשיעורים כי מתחיל להיות כיף ללמוד ופחות משעמם. יישום הניקוי העצמי מעניין ומעלה את המוטיבציה לדעת יותר ויותר" (תלמיד בינוני).</p>	<p>מוטיבציה המשכית</p>

	<p>"אני כל הזמן מסבירה להם בבית על הנושאים הקשורים בניקוי העצמי. הרבה פעמים הם לא מבינים כלום אך לא אכפת לי אני ממשיכה להסביר. אמא שלי אומרת שמאוד רוצה להכיר את המורה לכימיה" (תלמידה מצוינת).</p> <p>"אני מאוד הייתי רוצה להציג את היישום בפני אנשים" (תלמיד מצוין).</p> <p>"בבית אני כל הזמן מדברת כימיה ומסבירה לכולם דברים, את הסרטונים הראיתי לכל מי שאני מכירה" (תלמידה חלשה).</p>	
--	---	--

על פי הטבלה ניתן לראות שיחידת ההוראה שפותחה והוראת כימיה בהקשר ליישם הננוטכנולוגי "ניקוי העצמי" self-cleaning השיגה את המטרות שהוצבו לה, 100% מהתלמידים שרואינו ראו שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning, כמבנה מארגן אכן עזר להם לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים. ההוראה בהקשר עזרה לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים והעמיקה הבנתם לנושאים שנלמדים. ההתלהבות מהטכניקה השפיעה את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

8. דיון ומסקנות

מחקר זה התמקד בארבע שאלות עיקריות: האם השימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן יסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים? האם ההוראה בהקשר תעזור להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים? האם ההוראה בהקשר תעזור לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים? האם ההוראה בהקשר תשפיע על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים? בפרק זה נדון בתוצאות שהתקבלו מכלי המחקר השונים, נענה על שאלות המחקר ונקשור את התוצאות לספרות ולמחקרים קודמים בתחום שנסקרו ברקע המדעי של העבודה.

הדיון בתוצאות והמסקנות יוצגו בהתאם לשאלות המחקר:

האם השימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן יסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים?

מתוצאות המחקר שהתקבלו מראיונות התלמידים ומשאלון העמדות ניתן ללמוד שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן סייעה לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים. ניתוח תוצאות שאלון העמדות שמופיעות בטבלה מס' 4 ובאיור מס' 2 לפי מבחן t , מראה הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי והביקורת לגבי קטגורית הקישור בין הנושאים ($p < 0.0001$ ***). תוצאות דומות התקבלו מהראיונות: כל התלמידים שרואינו (100%) ראו את הקשר ההדוק בין הנושאים והמושגים שנלמדו, 60% מהתלמידים הזכירו את המושג מבנה מארגן, 40% מהתלמידים הפגינו יכולת קישור גבוהה והציעו להרחיב את המבנה המקשר על ידי הוספת עוד נושאים כמו אנרגיה וחומצות שומן, דבר שמעיד על הבנה עמוקה ויצירתיות. (ראו ציטוטים בטבלה מס' 5)

מהממצאים שנזכרו לעיל, ניתן להסיק שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן שהוא סוג של מפת מושגים ייצר למידה משמעותית וסייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים. מסקנה זו תואמת לתיאורית הלמידה של אוסובל ומסקנותיו של נובק: על פי תיאורית הלמידה של אוסובל למידה משמעותית לטווח ארוך מתרחשת כאשר נוצרים קשרים בין ידע קודם לידע חדש וששניהם ביחד מרכיבים מערכת מושגים הניתנת לייצוג על ידי " מפת מושגים" (Novak & Gowin, 1984). ארגון הידע על ידי מבנה מארגן מטפח הבנה עמוקה ומעודד יצירתיות (Novak & Gowin, 1984). כמו כן, בכל העולם ובמשך ה-20 שנה האחרונות הוראת המדעים בכלל וגם הכימיה מתמודדת עם הבעיה שהעובדות מבודדות- התלמידים לא מצליחים לתת משמעות למה שהם לומדים ואינם מצליחים לקשור בין העובדות המבודדות. בעיה זו יכולה לגרום להשתתפות נמוכה בכיתה ואחת הדרכים להתמודד בפני אתגר זה הוא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמיד נמצא (Gilbert, 2006).

האם ההוראה בהקשר תעזור להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדים?

מתוצאות המחקר שהתקבלו מראיונות התלמידים ומשאלון העמדות ניתן ללמוד שההוראה בהקשר אכן עזרה להעמקת הבנת התלמידים לנושאים שנלמדו. ניתוח תוצאות שאלון העמדות שמופיעות בטבלה מס' 4 ובאיור מס' 2 לפי מבחן t, מראה הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי והביקורת לגבי קטגוריית ההבנה ($p < 0.0001$ ***). תוצאות דומות התקבלו מהראיונות: כל התלמידים שראינו (100%) הפגינו הבנה עמוקה לנושאים שנלמדו, תשובותיהם של התלמידים על שאלות הידע וההבנה בראיון היו נכונות, התלמידים ציינו שהם הכי מבינים את הנושאים: הידרופובי, הידרופילי וחמצון חיזור ושהם יכולים לתת הסברים לאחרים. תלמידה אחת הזכירה וציינה במילים שלה, שהיות וטכניקת הניקוי העצמי קשורה לחיים זה גרם להם להבין את הנושאים הנלמדים יותר (ראו ציטוטים בטבלה מס' 5). ממצאי מבחן הידע המופיעים בטבלה מס' 3 ובאיור מס' 1 שגם הם נותחו לפי מבחן t, מראים הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי והביקורת לגבי יכולת התלמידים לתת הסברים ברמת המיקרו ולענות על שאלת יישום ($p < 0.0001$ ***). ניתן ללמוד מזה שאפילו חשיפה ראשונית ליישום חדשני, מעניין, מרתק וקשור לחיים תרמה לשיפור בביצוע התלמידים בשאלות שדורשות רמות הבנה גבוהה.

על פי ממצאי המחקר שהוזכרו לעיל ניתן להסיק שההוראה בהקשר עזרה להעמקת ההבנה של התלמידים לנושאים שנלמדו. על פי (Sakhnini & Blonder, 2016) ההוראה בהקשר מאופיינת על ידי השימוש בהקשרים חברתיים, טכניים או מדעיים כנקודת מוצא לפיתוח הבנה בכימיה. המחקרים מראים שהשימוש בתוכנית Nano Leap שמשלבת מושגי ליבה במדעים עם מושגים במדעי הננו מעלה את הבנת התלמידים במושגים הבסיסיים בננוטכנולוגיה כמו כן משפרת את ההבנה של מושגי הליבה במדעים ותומכת בלמידה מבוססת חקר (Greenberg, 2009). אכן הוראת הכימיה בהקשר ליישום הננוטכנולוגי ניקוי עצמי, עזרה בהעמקת הבנת התלמידים לנושאים שנלמדו.

האם ההוראה בהקשר תעזור לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים?

מתוצאות המחקר שהתקבלו מראיונות התלמידים ומשאלון העמדות ניתן ללמוד שההוראה בהקשר אכן עזרה לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדו בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. ניתוח תוצאות שאלון העמדות שמופיעות בטבלה מס' 4 ובאיור מס' 2 לפי מבחן t, מראה הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי והביקורת לגבי קטגוריית הרלוונטיות וקטגוריית הכימיה כמקצוע מודרני ($p < 0.0001$ ***). ממצאי הראיונות תמכו בממצאי שאלון העמדות, 100% מהתלמידים קשרו את הנושאים שנלמדו לחיי היומיום, היו תלמידים שצינו בראיון שטכניקת הניקוי העצמי החדשנית עושה מהכימיה מקצוע מודרני (ראו ציטוטים בטבלה מס' 5).

על פי ממצאי המחקר ניתן להסיק שההוראה בהקשר עזרה לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. אותה המסקנה הגיעו אליה בלונדר וסחיניני (2016): ההוראה בהקשר מאופיינת על ידי השימוש בהקשרים חברתיים, טכניים או מדעיים כנקודת מוצא לפיתוח הבנה בכימיה ויצירת כימיה יותר רלוונטית לחיי היומיום של התלמידים. על פי גילברט (2006) הוראת המדעים בכלל וגם הכימיה מתמודדת עם הרבה בעיות

ואי היכולת להעביר ולקשור את מה שנלמד לחיי היומיום היא אחת מהבעיות האלה, הדרך לעמוד בפני בעיה זו היא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמיד נמצא. התלמידים השתמשו בידע שרכשו במהלך ההתערבות וידעו להעבירו הלאה, הסבירו תופעות בשפה כימית לחברים שלהם, להורים וגם ללקוחות ועמיתים בעבודה (אלה שעובדים). זה תואם למסקנתו של גילברט (2006), גילברט הגיע למסקנה שתפקידה של ההוראה בהקשר לאפשר לתלמידים להיות מסוגלים לספק משמעות למה שהם לומדים בכימיה ולחוות את החוויה שמה שהם לומדים הוא רלוונטי לכמה אספקטים בחייהם. עניין הכללך מאוד קשור לסביבה שאנו בני האדם חיים בה, הרצון שהכל יהיה נקי מעסיק המון אנשים ובניהם התלמידים, התלמידים מאוד התעניינו בנושא הניקוי העצמי וכל הזמן שאלו שאלות ורצו לדעת עוד ועוד... זה מתאים לגישת סולטר ולקורסים שפותחו על בסיס גישה זו, בגישת סולטר צריכים להציג רעיונות מדעיים על בסיס "צריך לדעת". הרעיונות והמושגים בגישה זו נבחרו ונלמדו בהקשרים שמטרתם הערכת התלמידים לכימיה והם היו צריכים להיות קשורים לחיי היומיום של התלמידים (Bennett & Lubben, 2006).

האם ההוראה בהקשר תשפיע על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים?

מתוצאות המחקר שהתקבלו מראיונות התלמידים ומשאלון העמדות ניתן ללמוד שההוראה בהקשר השפיעה על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים. ניתוח תוצאות שאלון העמדות שמופיעות בטבלה מס' 4 ובאיור מס' 2 לפי מבחן t, מראה הבדל מובהק בין קבוצת הניסוי והביקורת לגבי קטגוריית המוטיבציה ההמשכית ($p < 0.0001$ (***) והעניין ($p < 0.05$ (*). תוצאות דומות התקבלו מהראיונות, 100% מהתלמידים שראינו הראו מוטיבציה המשכית, עניין והתלהבות מטכניקת הניקוי העצמי. היו תלמידים שאמרו שהם רוצים להציג את טכניקת הניקוי העצמי בפני אנשים, היו כאלה שבחרו בטכניקה והציגו אותה בכל המנגנונים שלה בכנס תלמידי הכימיה השלישי שהתקיים בטירה, חלק מהתלמידים ספרו לכל מי שהם מכירים על הטכניקה והראו להם את הסרטונים (ראו ציטוטים בטבלה מס' 5). כל העובדות האלה מצביעות על מוטיבציה המשכית.

מהממצאים שהוזכרו לעיל ניתן להסיק שההוראה בהקשר ליישום רלוונטי לתלמידים ומעניין אותם השפיעה ועודדה התפתחות של מוטיבציה המשכית בקרב התלמידים. מסקנה זו נתמכת על ידי מסקנות רבות שהגיעו אליהם חוקרים ממחקרים אחרים: הוראה בהקשר על ידי השימוש ביישומי ננוטכנולוגיה מספקת לסטודנטים הזדמנות ללמוד איך עובד המדע המודרני ויכול לעודד את התלמידים לחשוב על קריירה במדעים (Jones, et al., 2013), הוראה בהקשר תשפיע על העניין והמוטיבציה ההמשכית של התלמידים להמשיך ללמוד מדעים (Gilbert, 2006), אלסטר (2009) מצביע על כך שהוראה בהקשר בביוולוגיה הופכת את התוכן הביוולוגי לחווייתי והשימוש בגישה, למידה מבוססת הקשר, משפיע על העניין והמוטיבציה ההמשכית של התלמידים להמשיך ללמוד מדעים, אותה המסכנה הגיעו אליה לגבי הוראת הכימיה (Gilbert, 2006). על פי מחקרם של שימוש בפדגוגיה שבה התלמיד במרכז גרם לעליית העניין והמוטיבציה ההמשכית בקרב התלמידים. במחקר הנוכחי לא נעשה שימוש בפדגוגיה שבה התלמיד במרכז אך נלמד נושא יעיל, שימושי ורלוונטי לחיי היומיום מחזית המדע תוך שימוש ביישומי רלוונטי לחיי היומיום מחזית המדע והוא העלה את העניין והשפיע על המוטיבציה ההמשכית בקרב התלמידים.

9. סיכום אישי רפלקטיבי

במחקר הנוכחי נחקרה הוראת הכימיה בהקשר ליישום הנוטכנולוגי "ניקוי עצמי" self-cleaning שנחשב ליישום מחזית המדע, רלוונטי ויש לו קשר ברור לחיי היומיום. יישומי נוטכנולוגיה הינם מועמדים טובים להוראה בהקשר בחינוך המדעי מאחר ויש להם קשרים ברורים לחיי היומיום של התלמידים, יש להם היבטים תעשייתיים וכולם מייצגים סביבה עשירה המערבת מחקר, חברה, ותעשייה (Sakhnini & Blonder, 2016).

לאור ממצאי המחקר ניתן ללמוד עד כמה הוראת כימיה בהקשר ליישום נוטכנולוגי מעניין, מרתק, ורלוונטי לחיי היומיום של התלמידים יכול להשפיע לטובה על התלמידים מבחינה אישית ומעשית. בהתחלה מאוד פחדתי מהתהליך, החומר לבגרות מאוד גדול ואין לי כל כך הרבה זמן לדבר על נושאים אחרים. כמו כן, היחידה שפתחתי מכילה נושאים שהם יחסית כבדים כמו: זווית הרטבה, חלקיקי ננו ופוטו-קטליזה ולכן חששתי שהתלמידים לא יבינו אותם ולהפך במקום לעשות להם טוב אז אני מעמיסה עליהם עוד מושגים. את מצגת הניקוי העצמי והמבנה המארגן שהשתמשתי בהם בניתי יחד עם עוד שתי מורות עמיתות בקורס נוטכנולוגיה בהנחיתתה של פרופ' רון בלונדר. ביום הראשון של ההפעלה וכשראיתי את הברק בעיני התלמידים, הבנתי שאין סיכוי שיצא מההתערבות הזו משהוא רע. העניין הרב של התלמידים בנושא והרצון לדעת יותר ולהבין לעומק הלך וגבר מיום ליום, הם חיכו לשיעורי הכימיה, התלמידים העייפים עכשיו מגיעים לכיתה במרץ, היו שתעניינו בחומר וקראו עליו באינטרנט, ההתלהבות והעניין עבר למשפחות ולחברים הם הראו את הסרטונים לחברים ולהורים, ילד אחד מרוב שהתעניין בחומר הזמין אותו והביא אותו לכיתה. ההתלהבות הזו והעניין הרב גרם לתלמידים להבין ומבלי להרגיש את כל הנושאים שקשורים ביישום. הרגשתי הנאה, הנעה, עניין ואתגר להמשיך. ביום האחרון של ההפעלה בקשתי מהתלמידים שירשמו כל אחד בדף משלו את כל המושגים שלמד מתחילת ההתערבות ועד סיומה, את המושגים רכזנו על הלוח ומהם בנינו מפת מושגים, התלמידים הזכירו המון מושגים והפגינו יכולת קישור מדהימה בניהם. תלמידה אחת אמרה לי: "אני לא מאמינה שאני יודעת כל כך הרבה מושגים!!! אני ממש גאה בעצמי, כל הכבוד ליי". יצאתי מהכיתה מלאת גאווה וסיפוק והרגשתי שהצלחתי להוביל את התלמידים למקום אחר לגמרי. בזכות ההתערבות שניתי לתלמידים את תפיסותיהם לגבי הכימיה שהיא נושא ישן שאין בינו לבין חיי היומיום קשר, הצלחתי לגרום להם להבין את הנושאים שנלמדו ולראות את הקשר ביניהם, הדימוי העצמי שלהם עלה והיו מאוד גאים בעצמם ובכנס התלמידים (שמיועד לתלמידי י"ב) אמרו לי שהם יודעים המון דברים שתלמידים אחרים שהם בכיתות י"ב לא יודעים.

מההתערבות למדתי המון על עצמי ברמה האישית והמקצועית. למדתי המון על התלמידים שלי שאני גאה בהם, הרבה תלמידים הפתיעו אותי לטובה במיוחד אלה שנתפסו אצלי כתלמידים "חלשים" ופתאום מראים יצירתיות והבנה עמוקה (למשל התלמידה החלשה שהציעה לי להרחיב את המבנה המארגן על ידי הוספת נושא חומצות השומן) דבר שנותן לי חומר למחשבה והשאלה החשובה: האם באמת אלה תלמידים חלשים? המדע בכלל ובמיוחד הכימיה הם כמו קסם ואנחנו

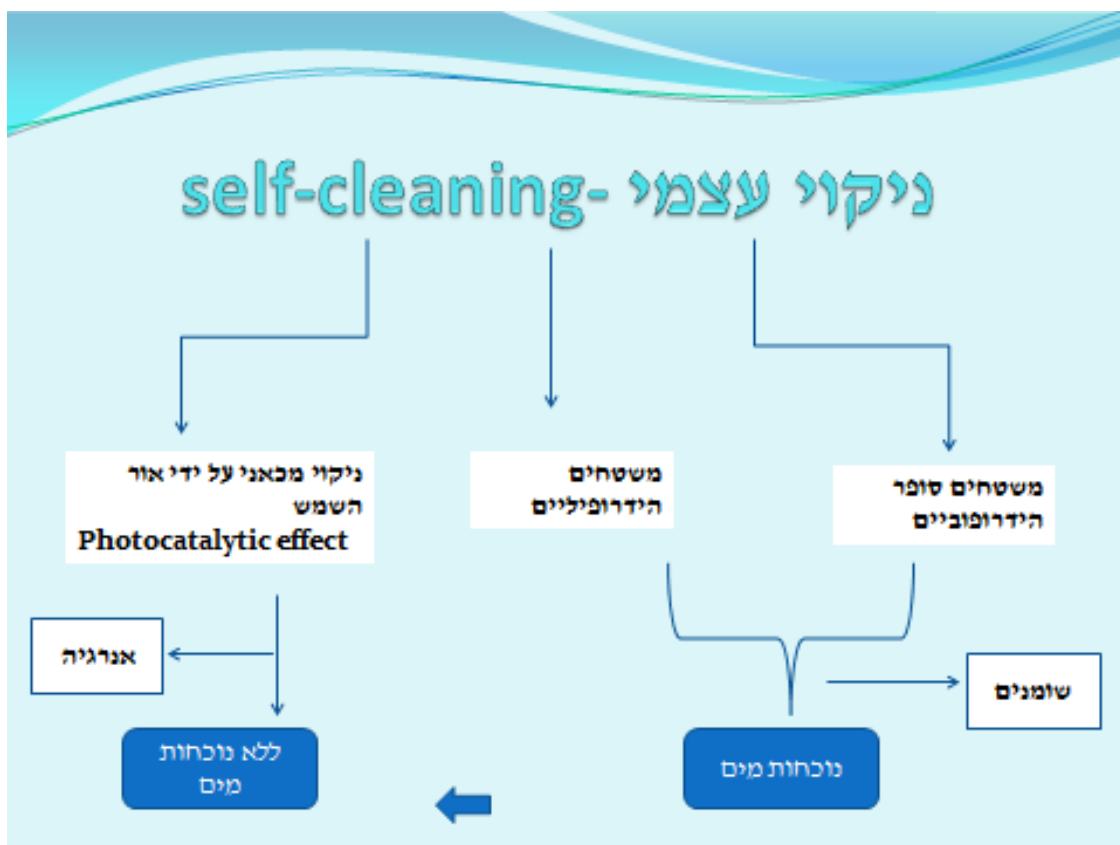
המורים אלה שמחזיקים במקל הקסמים וכל העניין הוא לדעת להשתמש במקל הזה על מנת להשפיע לטובה על תלמידינו, בני האדם נולדים ובאים לעולם מלאי סקרנות ועניין ואנחנו המורים צריכים לעורר את העניין והסקרנות הזו במטרה לחנך וללמד את הדור הבא של המדענים והאזרחים.

הכל בזכות הנחיתה והכוונתה של המנחה שלי פרופ' רון בלונדר שלה אני מקדישה את מלוא התודות וההערכה.

בעיית המחקר: הבעיה היחידה שנתקלתי בה במחקר זה עקב אילוצי מערכת בית הספר, היא ששתי קבוצות המחקר (הניסוי והביקורת) למדו עם שתי מורות שונות שאחת זו אני והשנייה מורה אחרת לכימיה בבית הספר.

10. השלכות להוראה

ממצאי המחקר מוכיחים שההוראה בהקשר ליישום הננוטכנולוגי "ניקוי עצמי" self-cleaning השיגה את המטרות שהוצבו לה. אני מאוד ממליצה ובחום ליישם את ההתערבות שתוארה במחקר זה בשדה החינוכי, הייתי מציעה להכניס למבנה המארגן את שני הנושאים שהתלמידים הציעו שהם שומנים (חומצות שומן) ואנרגיה. המבנה המארגן שהציעו אותו התלמידים מוצג באיור מס' 3.



איור מס' 3. מציג את המבנה המארגן שהוצע על ידי התלמידים

10. המלצות למחקר המשיכי

לקחת אפליקציות ויישומים אחרים שמבוססים על ננוטכנולוגיה וקשורים לכמה נושאים בכימיה שנלמדים בתיכון, כמו Nanobots. לבנות מבנה מארגן ולבדוק האם יישומים אחרים משיגים את אותם המטרות.

מקורות

- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2nd ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28, pp. 999–1015.
- Blonder, R., & Dinur, M. (2011). Teaching Nanotechnology Using Student-Centered Pedagogy for Increasing Students' Continuing Motivation. *Journal of Nano Education*, 3, pp. 51-61.
- Elster, D. (2009). Biology in context: Teachers' professional development in learning communities. *Journal of Biological Education*, 43, pp. 53-61.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 9, pp. 957-976.
- Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom: *Perspectives on nanoscience education projects*. *ACS Nano*, 3(4), pp. 762-769.
- Jones, G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 5, pp. 1490-1512.
- Millar, R., & Osborne, J. (2000). *Beyond 2000: Science education for the future*. London, UK: School of Education, King's College London.
- Novak, J. D., & Gowin, B. D. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28, pp. 1041–1062.
- Ragesh, P., Venkatesan, A., Nair, S., & Nair, A. (2014). A review on 'self-cleaning and multifunctional materials'. *Journal of Materials Chemistry A*, 2, pp. 14773-14797.

Rutherford, F., & Ahlgren, A. (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential Concepts of Nanoscale Science and Technology for High School Students Based on a Delphi Study by the Expert Community. *International Journal of Science Education*, 37, pp. 1699-1738.

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38, pp. 521-538.

פורבס, פי. (דצמבר 2008). חומרים המתנקים מעצמם. סיינטיפיק אמריקאן ישראל, עמ' 38-45.

נספחים

נספח מס' 1- רשימת קישורים ומקורות לסרטונים ולאיורים

מס' השלב	השלב	קישורים ומקורות
1	סרטונים על עלה הלוטוס	<p style="text-align: center;">סרטון ראשון</p> <p style="text-align: center;">https://www.youtube.com/watch?v=sCjmpyQIHYM</p> <p style="text-align: center;">סרטון שני</p> <p style="text-align: center;">https://www.youtube.com/watch?v=EeJz7iPPy1Y</p> <p style="text-align: center;">לתמונה</p> <p style="text-align: center;">https://www.google.co.il/search?q=%D7%A2%D7%9C%D7%94+%D7%9C%D7%95%D7%98%D7%95%D7%A1+%D7%AA%D7%9E%D7%95%D7%A0%D7%95%D7%AA&espv=2&biw=1280&bih=923&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwig7ZHm3OnNAhXIUROKHf54BP8QsAQIGQ&dpr=1#imgrc=K3YbtX-8DT5DQM%3A</p>
2	ביוממטיקה וניקוי עצמי	<p style="text-align: center;">לסרטון</p> <p style="text-align: center;">Superhydrophobic coating - Repels almost any liquid!</p> <p style="text-align: center;">https://www.youtube.com/watch?v=BvTkefJHfC0</p>
3	מצגת ניקוי עצמי וזווית ההרטבה	<p style="text-align: center;">המצגת תופיע בנספח מס' 3 לאיור</p> <p style="text-align: center;">פורבס, פ. (2008). חומרים המתנקים מעצמם, מגזין סיינטיפיק אמריקן ישראל, גליון דצמבר, 38-45.</p>

<p>לאיור פורבס, פ. (2008). חומרים המתנקים מעצמם, מגזין סיינטיפיק אמריקן ישראל, גליון דצמבר, 38-45.</p> <p>לסרטון https://www.youtube.com/watch?v=OfKBhvDjuy0</p>	<p>משטחים סופר הידרופוביים</p>	<p>4</p>
<p>לאיור http://zixilai.en.alibaba.com/product/1286787364-213895536/Super_Nano_Hydrophilic_Self_Cleaning_Coating_Building_Glass_Curtain_Wall.html</p> <p>לתמונה https://www.google.co.il/search?q=%D7%9B%D7%95%D7%91%D7%A2+%D7%94%D7%A0%D7%96%D7%99%D7%A8&espv=2&biw=1280&bih=923&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwignLeK4OnNAhVJIcAKHf4HAJMQ_AUIBigB</p>	<p>משטחים הידרופיליים</p>	<p>6</p>
<p>לאיור http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/mh/c4mh00031e/unauth#!divAbstract</p>	<p>פוטו-קטליזה ותכונות הטיטניה</p>	<p>10</p>
<p>לאיור פורבס, פ. (2008). חומרים המתנקים מעצמם, מגזין סיינטיפיק אמריקן ישראל, גליון דצמבר, 38-45.</p> <p>לסרטון https://www.youtube.com/watch?v=UKft_KFtJAM</p>	<p>גישה מנוגדת- הטיטניה שמתנקה מעצמה</p>	<p>12</p>

נספח מס' 2- שלוש שאלות ממבחן ידע שמסכם נושא מבנה וקישור

1. תנו שלוש דוגמאות לחומרים הידרופיליים ושלוש דוגמאות לחומרים הידרופוביים?
2. ציינו שימושים או קשר של התכונות הידרופיליות והידרופוביות לחיי היומיום?
3. תבחרו שימוש אחד והסבירו אותו או את מנגנון ההפעלה שלו (איך הוא עובד) ברמה המיקרוסקופית?

- i. אذكر ثلاثة مواد محبة للماء (هيدروفيليه) وثلاثة مواد كارهه للماء (هيدروفوبيه)؟
- ii. اذكر استعمال للصفات الهيدروفيليه والهيدروفوبيه بحياتنا اليومية؟
- iii. اختار استعمال واحد و اشرح الية عمله (كيف يعمل) بالمستوى الميكروسكوبي؟



למה הטכנולוגיה הזו שואפת:

חומרים שמתנקים

מעצמם

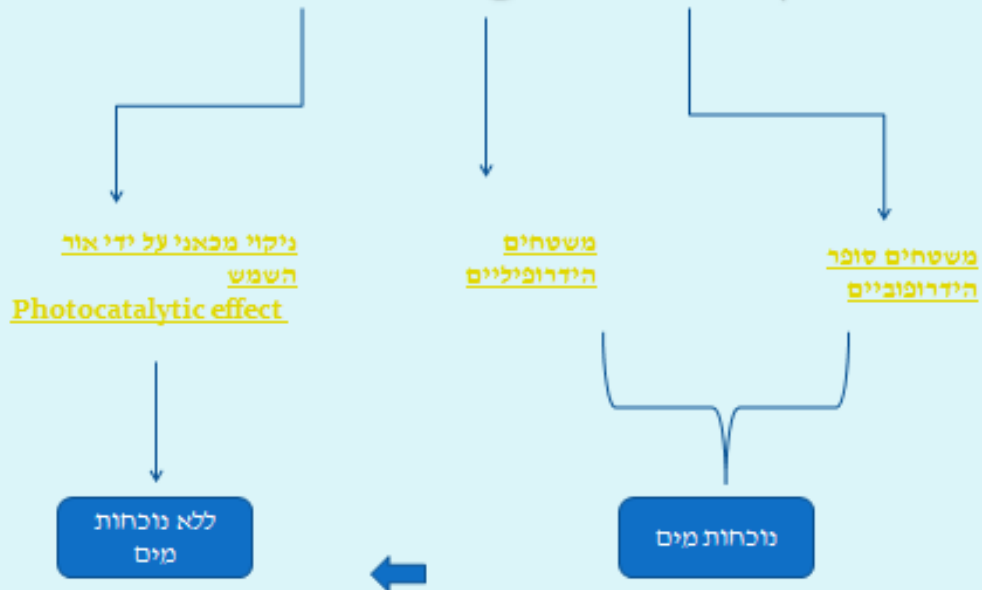


הקדמה:

- היכולת המרהיבה של צמח הלוטוס לדחות לכלוך שימשה השראה לטכנולוגיות ניקוי וחיטוי עצמי (ביומימטיקה).
- חוקרים פיתחו חומרים מלאכותיים בעלי כושר ניקוי עצמי, מקצתם מבוסס על "אפקט הלוטוס" וחומרים אחרים מראים תכונה הפוכה: פני השטח של חומרים אלה הידרופיליים ופועלים גם כזרזים כימיים.



ניקוי עצמי - self-cleaning



מסחים סופר הידרופוביים:

- מסחים מכוסים בשכבה הידרופובית שדוחה מים.
- פני המשטח אינם חלקים (הגדלת שטח הפנים).
- זווית מגע של 160 מעלות.
- הטפות הנוצרות על פני השטח מקבלות צורה כדורית ומתגלגלות בקלות תוך כדי כך שם נושאות איתם את הלכלוך



אורבס, א. (2008). חומרים חסלקים מנושום, סגין סילטיטיק אמריתן ישראלי, גלון דעמבר, 38-45.



הבסיס - הפיסיקה של הלוטוס

אפקט הרוק העמיד של הללוטוס נובע מכך ששני השטח של העלה הידרופוביים (חוד טימן) ביצור, ההידרופוביות או ההידרופיליות (שטוחה לטמן) של הלוטוס קבועות אז זווית המגע בין הלוטוס לשטח המים של הלוטוס

כיצד הללוטוס מנקה את עצמו

שטח טימן מולקולות על שטח טימן (לא הידרופוביים ולא הידרופיליים במיוחד) מאפשרות את זה הלכלוך מאתר.

שטח טימן מולקולות על פני השטח הלוטוס-הידרופוביים, אפשרות את הלכלוך השטח את עמוד הרוק בין הטימן ללכלוך. כיוונון טן הרוק שיש לכל אחד טימן לשטח.

זוויות מגע

שטח הידרופוביים
זווית 90-180 מעלות

שטח הידרופוביים
זווית 0-90 מעלות

שטח טימן-הידרופוביים
זווית 150-180 מעלות

הזווית הרוק נובעת מבגאנפיות הלכלוך אשר בין הטימן לשטח ומקסימום את שטח המגע ביניהם.

<https://www.youtube.com/watch?v=sCjumpyQlHYM>

<https://www.youtube.com/watch?v=EeJz7iPPy1Y>



טורבס, א. (2008). חומרים מתאנקים מנועמים, סגנון סילבטטיסל אומיליקן ישראל, גיליון דצמבר, 28-45.

משטחים הידרופוביים:

- זווית המגע בין טיפת המים למשטח קטנה מ- 30 מעלות (זכוכית רגילה).
- משטחים אלה מורידים את הלכלוך תוך כדי כך שקושרים מים.

Without coating

Water attached on the surface of the stains, can't take away dirt & organic pollutants.

ZXL-CQS Nano self cleaning coating

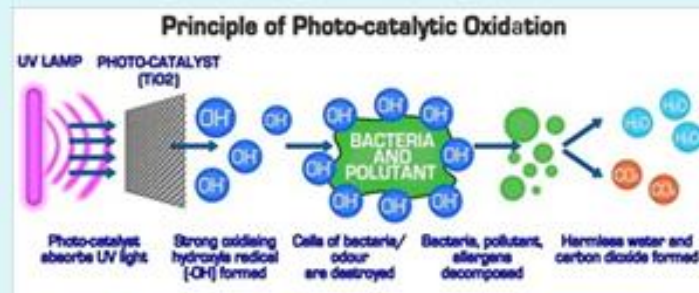
ZXL-CQS will make the stains not attached on glass and decompose the organic pollutants. Easy to take away the dust & dirt by the rain.



http://civilai.en.alibaba.com/product/120678764-200809056/Super_Nano_Hydrophilic_Self_Cleaning_Coating_Building_Glass_Curtain_Wall.html

ניקוי מבאני על ידי אור השמש - אפקט פוטוקטליטי Photocatalytic effect

משטחים שעובדים על קטליזה של תגובה כימית בהשפעת אור אולטרה סגול, ופירוק חומרים אורגניים ובהם מרכיבי דופן התא של חיידקים, לפחמן דו חמצני ולמים.



<http://www.betteraircompany.com/technology/better-air-400/>

היסטוריה

- ❖ בשנות ה-70, גילוי "אפקט הלוטוס" ע"י וויליאם ברתלוט. חקר אפקט הלוטוס החל בניסיון להבין את כושר ההתנקות העצמית של משטח שעוותי המכוסה במבנים מיקרוסקופיים או אפילו ננוסקופיים. המחקר הזה התרחב למדע חדש העוסק בכושר הירטובות בניקוי עצמי ובחיטי. השחקן הראשי בתחום הסופר-הידרופיליות הוא המינרל טיטניום דו-חמצני או טיטניה TiO_2
- ❖ היה ידוע שכחושפים טיטניה לאור אולטרה סגול מסוגל החומר לפרק מולקולות מים לחמצן ולמימן (פוטוליזה).
- ❖ 1990 שלושה חוקרים יפניים (אקירה פוגישימה, קזוהיטו השימוטי, טושייה וטנבה) גילו שאור אולטרה-סגול המוקרן על שכבות טיטניה בעובי ננומטרי משפעל אותן ומאפשר להן לרוז תגובות כימיות של פירוק חומרים אורגניים (אפקט פוטו קטליטי).
- ❖ בשנת 2000 פוגישימי השימוטו וטנבה – תחילת שילוב שני האפקטים, סופר הידרופוביות, סופר הידרופיליות והפוטו קטליטי.
- ❖ בשנת 2003 גילתה מעבדתם של רובר וכהן שינוי זעיר במבנה המשטח מאפשר לקבוע איזו תכונה תוקנה לו: סופר הידרופיליות או סופר הידרופוביות.

למה טיטניה



טיטניה :

- **חומר מוליך- למחיצה.** פוטון של אור אולטרה- סגול באורך גל של כ 388 ננומטר גורם לעירור אלקטרונים מרמות האנרגיה המלאות של "פס ההולכה" בטיטניה ומעלה אותו לפס ההולכה הריק.
- **מפגינה פעילות פוטו-קטליטית.**
- **לא רעיל.**
- **זמין.**
- **עלויות נמוכות.**
- **יציב כימית.**
- **לא מזהם.**

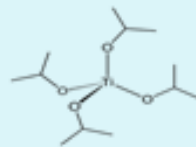
התגלית המכריעה-באמצע שנות ה-90

שלושת החוקרים היפניים הכינו שכבה דקה של החומר מתוך תרחיף מימי של חלקיקי טיטניה וקלו אותה בטמפרטורה של 500 מעלות צילזיוס, והנה התוצאות:

1. התקבל חומר שקוף.
2. חשיפת החומר השקוף לאור השמש (אולטרה - סגול) גורמת לו לרוז תגובות פירוק של חומרים אורגניים.
3. חשיפת החומר השקוף לאור השמש נותנת כושר הרטבות מוחלט ויוצא דופן סופר הידרופילי, זווית מגע של **אפס מעלות** גם לשמן וגם למים.

סינתזה:

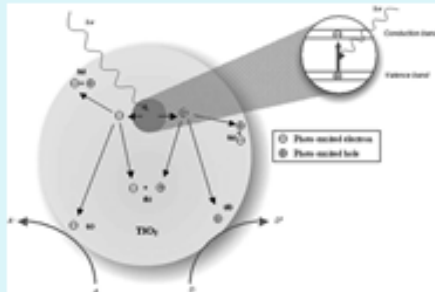
חומר המוצא הוא Titanium Tetraisopropoxide TTIP



TTIP עובר הידרוליזה בנוכחות מים ואתנול

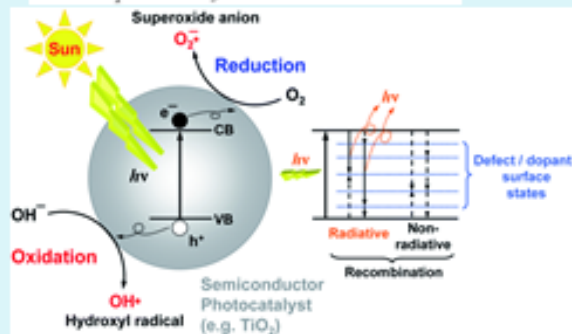
מתקבל גיל שעובר ייבוש בטמפרטורה של 80C למשך 4 שעות

מתקבלת אבקה לבנה של TiO_2 שעוברת קליה בטמפרטורה של 500C

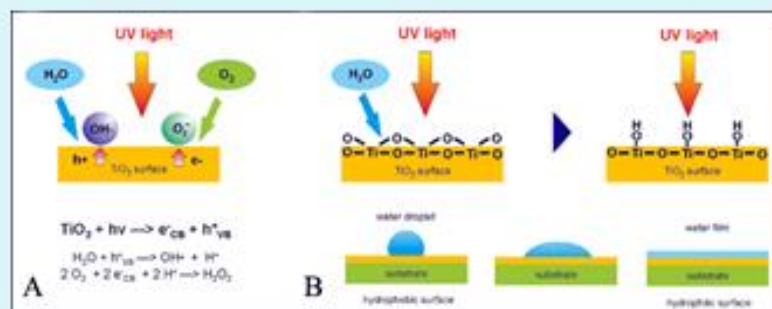


איך החומר עובד?
 1. עירור האלקטרונים יוצר שני נושאי מטען ניידים.

2. כאשר מטענים אלה חופשיים הם יכולים לפעול על מולקולות מים וחמצן המצויות על פני השטח של הטיטניה וליצור יונים רדיקליים על - חומציים: סופראוקסידים- O_2^- ורדיקליים הידרוקסיליים $OH\cdot$ צורנים אלה מפרקים חומרים אורגניים לפחמן דו חמצני ולמים.



C:\Users\TSC\Desktop\c4mh00031e-fi_hi-res[1].gif



http://www.nanopin.eu/en/en_page01.html

Application of Photocatalyst

שימושים:

<http://www.hunnoucoat.com/page3.html>

Repair work to existing road infrastructure (i.e. bridges, tunnels) in Rezzato, Italy (2008)
 Minneapolis Twin-Bridges (2008)

<http://depakmuniraj.blogspot.co.il/2011/08/green-road-tio2-in-road-pavement.html>

Pavement in Bergamo, Italy (2006)

- TiO₂-infused cement paving blocks (12,000 m² area)
- Reduced NO_x levels by 40% above road surface

<http://depakmuniraj.blogspot.co.il/2011/08/green-road-tio2-in-road-pavement.html>

Jubilee Church, Rome (2003)

<http://depakmuniraj.blogspot.co.il/2011/08/green-road-tio2-in-road-pavement.html>

Real life Examples...



Building made by using self-cleaning concrete (Church "Dives in Misericordia", Rome, Italy)



TiO₂ coating on roads for pollution reduction

Nanotechnology in Glass

- Most of the glass used on the exterior surface of buildings to control light and heat in order to control the building environment and contribute to sustainability.
- Titanium dioxide (TiO₂) is used as nanoparticles form to coat glazing since it has sterilizing and self-cleaning properties.



conventional glass self-cleaning glass

Nanotechnology in Photovoltaic

- Predominant photovoltaic material is silicon, but an emerging technology involves the use of dye-sensitized nano-TiO₂.
- Large surface area of nano-TiO₂ greatly increases photovoltaic efficiency.
- Also has potential for lower material and processing costs relative to conventional solar cells.



Real life Examples...

Nano house , Australia- University of Technology ,Sydney (UTS) have developed a model house that shows how new materials, products and processes that are emerging from nanotechnology research and development might be applied to our living environments.



<https://www.youtube.com/watch?v=h-nlagb4GNI>

תודה על ההקשבה
חנין בשארה
רודה גאנם
בת שבע צוק-רן



ביבליוגרפיה:

1. Prathapan Ragesh, V. Anand Ganesh, Shantikumar V. Naira and A. Sreekumar. (2014). *A review on self-cleaning and multifunctional* J. Mater. Chem. A, 14797-14773.

2. פורבס, פ. (2008). חומרים המתקדים מעצמם, מגזין סיינטיפיק אמריקן ישראל, גליון דצמבר, 45-38.

החול מחול



טל הוא אלוף ישראל בבניית ארמונות בחול, מאז היותו ילד התמחה בבניית ארמונות והשתתף בכל התחרויות בארץ. בעקבות הודעה שפורסמה בעיתון נסע לתחרות בניית ארמונות באוסטרליה. כשהגיע למקום התחרות על שפת הים, הסתבר לו שיש שני מסלולי תחרות. טל בחר במסלול האתגרי! ונתקל בבעיה קשה. עליה הוא התגבר בזכות הידע שלו בכימיה.

Engage

משימה:

- טל סיפק לנו שני סוגים של חול: חול רגיל ומיוחד. הוסיפו כמה טיפות של מים לכל סוג של חול כדי לראות מה טל ראה כאשר ניסה לבנות ארמון בחול באוסטרליה.
1. נסו לבנות ארמון חול מהחול המיוחד. האם אתם זקוקים לכלים ו/או חומרים נוספים?
 2. תכננו מהלך/דרך/שיטה כך שתוכלו בשיעור הבא לבנות את הארמון.
 3. נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה מתאימה לתעלומת החול "העקשני" שאי אפשר להרטיבו.



Explore



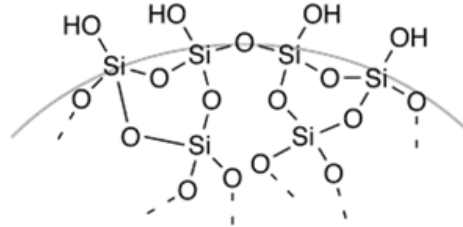
1. חקרו את התנהגותו ותכונותיו של החול בעזרת הכלים וחומרים שביקשתם.

Explain



2. הסבירו: מהם המאפיינים של החול "המיוחד" המונעים מהמים מלהרטיב אותו?
3. הציעו הסבר כימי להתנהגות החול המיוחד.
4. הסתכלו עלה מודל המייצג את פני השטח של חול רגיל ברמת המיקרו. כיצד ניתן להסביר את העובדה שמים מרטיבים חול רגיל?

Sand surface: molecular level



Credits:http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_silica_gel_surface.png

Evaluat

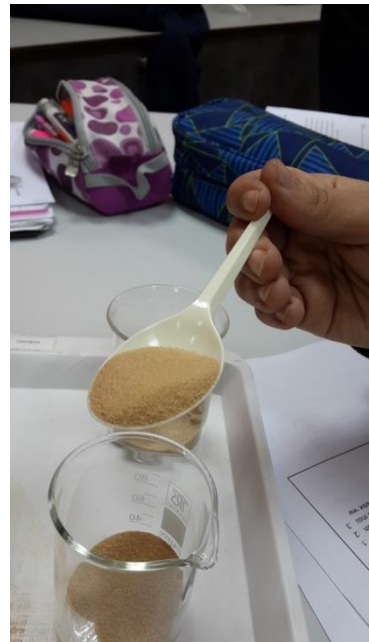
5. הכינו להצגה בפני הכיתה את הפתרון המוצע בלזוי התוצר (מודל) , תדאגו למוצר אסטתי ויצירתי.
6. שלבו את הרמה החלקיקית(רמת המיקרו) של התופעה.
7. הציגו מספר יישומים ושימושים אפשריים בחי היומיום (על ידי סרטון או מצגת או פוסטר או תמונה). היעזרו באתר



<http://www.sealsand.co.il/sealsand.php?actions=show&id=14>

עבודה נעימה ופוריה

נספח מס' 5 - תמונות ממטלת הביצוע







יום פעילות במכון ויצמן

הכנת לוחית נחושת בעלת תכונות הידרופוביות

הוראות כלליות:

יש לקרוא ולהבין בברור את הוראות הניסוי.
הפעילות היא קבוצתית – חובה על כל חברי הקבוצה להשתתף ולתרום לעבודה.
במידת הצורך – רצוי לערוך חלוקת תפקידים בין חברי הקבוצה.
יש להשתמש בשפה מדעית, רהוטה ומדויקת משך כל תהליך החקר.
יש לבדוק מראש שעומדים לרשותכם כל הציוד והחומרים הדרושים לביצוע הניסוי.
יש להקפיד על סביבת עבודה נקייה ומסודרת.
במהלך הניסוי עליכם להרכיב משקפי מגן ולהשתמש בכפפות.

חומרים

- 1 3 ריבועי נחושת (בגודל 1 cm x 1 cm)
- 2 תמיסת NaOH 2M עם $K_2S_2O_8$ 0.1M (יש לעבוד עם כפפות)
- 3 מים לשטיפה
- 4 נייר שיוף עדין (מס' 0)
- 5 תמיסת dodecanoic acid 5mM, באתנול
- 6 אצטון לשטיפה

ציוד וכלים

- 1 פלטת חימום (נמצא בחדר למקרה הצורך)
- 2 טפי
- 3 פינצטה
- 4 צלחת פטרי עם מכסה מזכוכית

מהלך הניסוי

ניסוי ובקרה:

לניסוי 3 שלבים. כדי שנוכל להפריד את ההשפעה של כל אחד מן השלבים על התכונות של לוחית הנחושת (הפרדת משתנים) נדאג ללוחית בקרה בכל שלב:

- א. לוחית ללא התהליכים פרט לשיוף
- ב. לוחית עד סעיף 3 (כולל)
- ג. לוחית שעברה את כל התהליכים

שלב ראשון:

1. שייפו היטב את הלוחיות הנחושת עם נייר השיוף. שיטפו ונגבו את הלוחיות המשוייפות.
2. להשרות את הלוחיות בתמיסת NaOH 2M עם $K_2S_2O_8$ 0.1M (יש לעבוד עם כפפות) למשך 20 דקות.
 - צלמו את הלוחיות לפני הוספת התמיסה ולאחר שיעברו 20 דקות.
 - רשמו את תצפיותיכם במשך פרק הזמן הזה.
3. אחר 20 דקות להוציא את הלוחיות ולשטוף היטב את לוחיות הנחושת במים מזוקקים ולייבשם באוויר.
4. טבלו את הלוחיות הנחושת ב- תמיסת dodecanoic acid 5mM, באתנול למשך 20 דקות.
 - צלמו את הלוחיות לפני הוספת התמיסה ולאחר שיעברו 20 דקות.
 - רשמו את תצפיותיכם במשך פרק הזמן הזה.
 - חפשו באינטרנט את נוסחת המבנה של החומר dodecanoic acid, ורשמו אותה במחברת.
5. לאחר 20 דקות יש לשטוף את הלוחיות עם אצטון ולהניח עד ייבוש מלא.
6. הניחו את 3 הלוחיות אחת ליד השנייה ולהניח על כל אחת מהן טיפת מים.
 - צלמו את הלוחיות כאשר מונחת עליהן טיפה
 - העבירו את התמונה למחשב, ומדדו את הזווית שיוצרת טיפת המים עם המשטח.
 - נסו להסביר את ההבדלים שקיבלתם בזווית המגע של טיפת המים עם 3 הלוחיות.

klick! – 2. Methods & Techniques 


- Water jet reflection: surface examination & energetic considerations

Natural occurrence 158° Artificial preparation > 160°

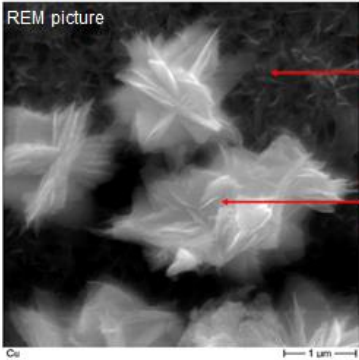


(Experimental setup modified after: Bethke, *Master Thesis*, 2009)

1

klick! – 2. Methods & Techniques 

- Surface investigations of modified copper sample



REM picture


Nanosized spicular structure

Microsized crystals

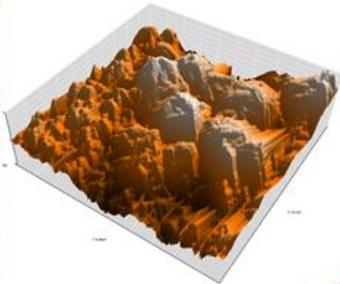
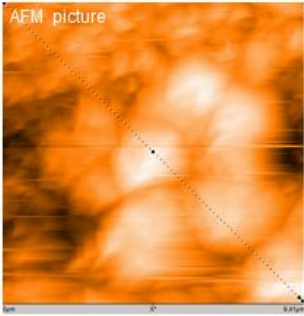
Cu 1 μm

(Experimental setup modified after: Bethke, *Master Thesis*, 2009)

2

klick! – 2. Methods & Techniques 

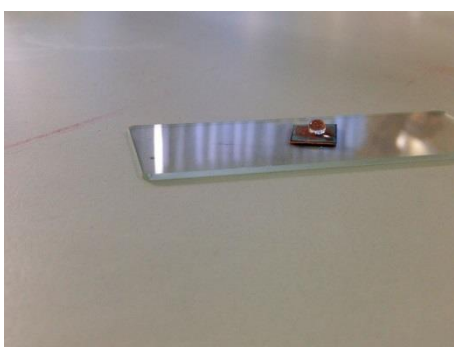
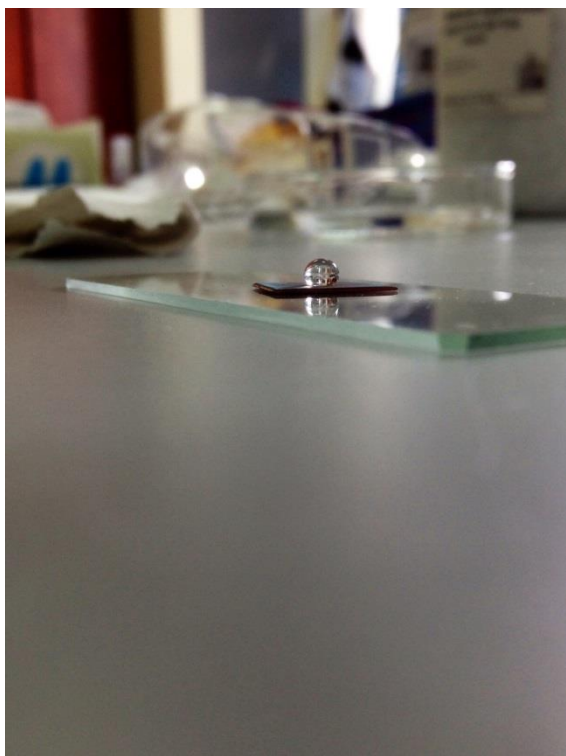
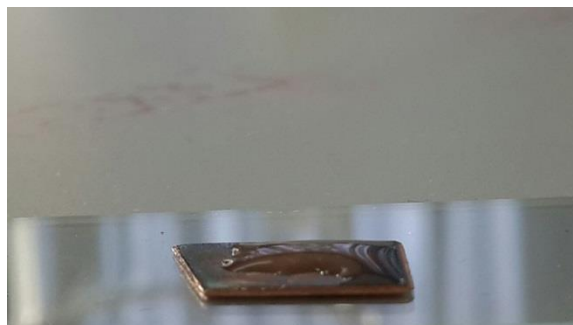
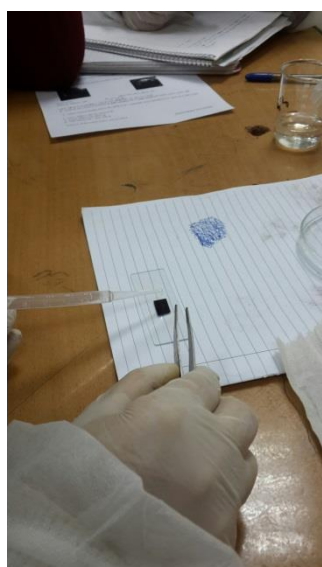
- Surface investigations of modified copper sample



AFM picture

3

נספח מס' 8 - תמונות מניסוי לוחות הנחשת





שאלון עמדות

אנא מלא/י את הפרטים הבאים:

שם התלמיד _____ שם המורה _____

שם בית הספר _____ כיתה _____

בן/בת (סמן/י בעיגול)

לפניך שאלון עמדות. שאלון זה איננו מבחן וכל תשובה שתתן/י היא נכונה. בראש העמוד מופיע נושא, לאורך העמוד ומשני צדדיו נמצאים זוגות של מילים (או אמירות) המתארות את הנושא. שתי המילים בכל זוג הפוכות במשמעותן, בין שתי המילים יש חמישה ריבועים. הינך מתבקש/ת לבחור ריבוע אחד ברצף, המביע את עמדתך כלפי המילים, בקשר לנושא שבכותרת.

לדוגמה: הבעת עמדה כלפי סרט שראית:

מעניין	1	2	3	4	5	משעמם
ן						

אם לדעתך הסרט מאוד מעניין סמן/י X במשבצת הקרובה ביותר למילה מעניין (1). אם הסרט מאוד משעמם סמן/י X במשבצת הקרובה ביותר למילה משעמם (5). יתר המשבצות מהוות דרגות ביניים שונות למילים הרשומות בקצות השורה.

ללמוד כימיה זה

	5	4	3	2	1		
1						לא חשוב בשבילי	חשוב בשבילי
2						לא ברור	ברור
3						מהנה	לא מהנה
4						מעודד אותי לבחור בכימיה בהמשך לימודי	משכנע אותי <u>לא</u> ללמוד כימיה בהמשך
5						משעמם	מעניין
6						להתעדכן בחידושים במדע	ללמוד על מודלים ישנים
7						ללמוד מושגים מנותקים שאין ביניהם קשר	ללמוד מושגים שקשורים אחד לשני
8						קשה להבנה	קל להבנה
9						מעודד אותי לחלוק את הרעיונות שלי עם חברים ומשפחה	לא משהו שאני מדבר עליו מחוץ לבית הספר
10						מקדם את העניין שלי במדע	מוריד את העניין שלי במדע
11						גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש	לא גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש
12						גורם לי לדלג על כתבות בנושאים כימיים בעיתון ובטלוויזיה	מושך אותי לקרוא ולראות כתבות בנושאים מדעיים בעיתון ובטלוויזיה
13						שימושי ללימודים שלי	לא שימושי ללימודים שלי
14						מלמד אותי נושאים רלוונטיים לי- נושאים שנוגעים לחיי.	מלמד נושאים שאינם רלוונטיים עבורי
15						חשיבה לא מאורגנת	חשיבה מאורגנת
16						כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה	הלמידה נעשית באותה דרך בכל השיעורים
17						מלמד כיצד לארגן את הידע שלי	לא מלמד כיצד לארגן את הידע שלי
18						מרחיב את האופקים שלי	לא משפיע על הרחבת האופקים שלי
19						חושף אותי למחקר שקורה עכשיו	מלמד אותי ידע <u>ישן</u> בכימיה
20						לא מספק תשובות לשאלות שמעניינות אותי	מספק הזדמנויות לקבל תשובות לשאלות שלי
21						מעורר רצון להמשיך ללמוד בצורה כזו	הייתי רוצה ללמוד כימיה בצורה אחרת
22						פשוט מידי	מאתגר
23						ללמוד על דברים שגילו <u>מזמן</u>	ללמוד על גילויים מדעים וחידושים טכנולוגיים
24						חדשני	מיושן
25						כולל פעילויות המסייעות לי להבנה ולקישור	הלמידה נעשית בדרך שאינה תומכת בי לקשר בין נושאים שונים

תודה רבה על שיתוף הפעולה!!

נספח מס' 10 - שאלות ראיון אישי עם תלמידים

1. האם ידעת קודם על החומרים שמתנקים מעצמם?
2. מה מאפיין עלי הלוטוס?
3. ספר לי על ניקוי עצמי ואיך זה עובד?
4. האם איך שאנחנו לומדים עכשיו באמת שונה מאיך שהיינו לומדים קודם? מה ההבדלים?
תעשה השוואה? תן דוגמא?
5. מה הקשר בין הנושאים (חמצון חיזור, הידרופובי והידרופילי)? אם כן, אז תן הסבר?
6. מה הקשיים שנתקלת בהם כאשר למדנו את הנושא?
7. מה הדברים הטובים שהיו לך או שהרגשת שהם ממש עזרו לך להבנת הנושאים שנלמדו?
8. באיזה מידה לוחות הנחושת שעבדנו איתם במעבדה דומות לעלי הלוטוס? ומה ההבדל?
9. מה הקשר בין החול היבש לחומרים שמתנקים מעצמם?