

מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת מדעים
במסגרת פרויקט גמר בתכנית "רוטשילד-ויצמן"

שילוב "מפת מושגים" ככלי הוראה והערכה בנושא "מבנה האטום"

מאת : ורד כבשנה ברטל

מנחה : פרופ' רון בלונדר

ג' באב תשע"ו – יולי 2016

תוכן עניינים

1. רקע מדעי	4
1.1 למידה משמעותית	4
1.1.1 מהי למידה משמעותית?	4
1.1.2 מעקרי תורתו של דיויד אוזובל	4
1.2 מפת מושגים	5
1.2.1 מהי מפת מושגים?	5
1.2.2 התפתחותה של מפת מושגים ככלי התומך בלמידה משמעותית	5
1.2.3 יתרונות השימוש במפת מושגים ככלי הוראה	7
1.3 השימוש במפת מושגים ככלי הערכה	8
1.3.1 הרציונל	8
1.3.2 שיטות להערכת מפת מושגים	8
1.4 סוגי מפות מושגים	10
1.5 על הוראת הכימיה ככלל	11
1.6 הוראת נושא מבנה האטום בכיתה י'	12
1.6.1 תפיסות שגויות ככל ובמבנה האטום בפרט	12
1.7 מפת מושגים ככלי התומך בהוראת הכימיה	13
2. מטרת המחקר ושאלות המחקר	15
2.1 מטרת המחקר	15
2.2 שאלות המחקר	15
2.3 השערות המחקר	15
3. תיאור הפעילות	16
4. מתודולוגיה	20
4.1 אוכלוסייה	21
4.2 כלי המחקר והשיטה	21
5. תוצאות המחקר	24
6. דיון בתוצאות	35
7. מקורות מידע	39

40.....	8. נספחים.....
40.....	נספח 1 : דף פעילות מפת מושגים ראשונה.....
42.....	נספח 2 : דוגמאות למפת מושגים – "האלקטרוניס באטום" שיצרו תלמידים שונים.....
44.....	נספח 3 : דוגמאות למפת מושגים – "שאלה בבחינה" שיצרו תלמידים שונים.....
45.....	נספח 4 : דוגמאות למפת מושגים – "אנרגיית יינון" שיצרו תלמידים שונים.....
47.....	נספח 5 : דוגמאות למפת מושגים – "הקשר הקוולנטי" שיצרו תלמידים שונים.....
49.....	נספח 6 : שאלוני העמדות : pre / post.....

1. רקע מדעי

1.1 למידה משמעותית

שנת הלימודים תשע"ה נפתחה בסימן של "למידה משמעותית". שר החינוך דאז, הרב שי פירון, הכריז על יישומה של תכנית חינוך לאומית "ישראל עולה כיתה" – עוברים ללמידה משמעותית. מהי למידה משמעותית? היכן ניתן למצוא לה סימוכין בתאוריה ובמעשים החינוכיים?

1.1.1 מהי למידה משמעותית?

אחת ההגדרות ללמידה משמעותית גורסת כי: "למידה משמעותית" היא פעילות מנטלית המתרחשת בהווה, מארגנת מחדש את מה שנלמד בעבר וילמד בעתיד" (הרפז, 2014).

1.1.2 מעקרי תורתו של דייוויד אוזובל

המושג "למידה משמעותית" נטבע כבר בשנות ה-60 על ידי הפסיכולוג החינוכי, דייוויד אוזובל. לפי התאוריה של אוזובל, "למידה משמעותית" היא תהליך שבו רעיון חדש נלמד על ידי יחוס וקישור אל רעיון רלוונטי מבוסס הקיים במבנה הדעת של הלומד, אז שני הרעיונות משתנים, הרעיון החדש מוטמע לתוך הרעיון הישן ומתקבל תוצר האינטראקציה – "למידה משמעותית" (Ausubel, et al, 1978). ניתן לראות כי לפי התאוריה של אוזובל ישנו תפקיד חשוב מאוד לידע התוכני הקודם שמביא עמו הלומד לתהליך הלמידה. הלומד אינו מגיע כ"לוח חלק" אלא עם תפישות מוקדמות (preconceptions) (יחיאלי, 2014).

במסגרת התייחסותו ללמידה משמעותית טבע אוזובל את המשפט המפורסם אשר צוטט מספר רב של פעמים: "לו היה עלי לצמצם את כל הפסיכולוגיה החינוכית לעיקרון אחד בלבד, הייתי אומר כך: הגורם האחד החשוב ביותר המשפיע על הלמידה הוא מה שהלומד כבר יודע. בררו זאת ולמדו אותו בהתאם" (Ausubel, et al, 1978, p.373).

הבחנה מרכזית קיימת בתאוריית הלמידה של אוזובל בין למידה משמעותית, (Meaningful Learning) ללמידת שינון סתמי (Rote Learning). בלמידה משמעותית הלומד בוחר ליצור אינטגרציה בין ידע חדש לידע קודם בתהליך במכונה על פי אוזובל בשם "הטמעה". התהליך מונע ממוטיבציה פנימית של הלומד ליצירת קישורים, התוצר המתקבל הוא מערכת מושגים המאורגנת בצורה היררכית עבור מרחב מסוים ונשמרת בזיכרון לטווח ארוך. למידת שינון סתמי לא מצריכה מהלומד כל "מאמץ" ליצירת קישורים, זוהי למידה שרירותית, שלא נוצרים בה קשרים בין ידע קודם לידע חדש, מונעת ממוטיבציה חיצונית (למשל ציון בבחינה), ואיננה נשמרת בזיכרון לטווח ארוך (Novak, 2010)¹.

¹ מתוך פרק 5 בספרו של נובאק העוסק בעיקרי תורתו של אוזובל.

לאור רעיונות אלה, ברורה החשיבות של זיהוי הידע הקודם של התלמיד כחלק מרכזי בתהליך של למידה משמעותית. לכן, יש לתמוך בתלמידים בדרכי הוראה המעודדות יצירת קישוריות בין תכנים נלמדים. אחד הכלים המשרת מטרות אלו הוא "מפת מושגים".

1.2 מפת מושגים

1.2.1 מהי מפת מושגים?

מפת מושגים היא כלי גרפי לארגון וייצוג של ידע. המפה כוללת מושגים, המוצגים בדרך כלל במעגלים סגורים או בתיבות מסוג כלשהו. כמו כן מוצגים קשרים בין המושגים המיוצגים על ידי מילות קישור או ביטוי מקשר המופיעים על קו המחבר בין המושגים (Novak & Canas, 2006).

1.2.2 התפתחותה של מפת מושגים ככלי התומך בלמידה משמעותית

המושג "מפת מושגים" נטבע לראשונה בשנת 1977 על ידי Joseph D. Novak. במשך שנים העסיקה את נובאק השאלה: "מדוע ישנם תלמידים אשר מגיעים להבנה משמעותית ועמוקה של תכנים הנלמדים ויש כאלו שאינם?" (Novak, 2010). נובאק נחשף לתורת הלמידה של אוזובל והושפע מאוד משלושה רעיונות מרכזיים בתורתו: 1. למידה משמעותית תתרחש כאשר הלומד קושר מושגים חדשים למושגים הקיימים כבר במבנה הדעת שלו, בתהליך הנקרא על פי אוזובל בשם "הטמעה" (assimilation). 2. הידע מאורגן במבנה הדעת בצורה הירארכית. 3. ידע הנרכש על ידי שינון סתמי לא יוטמע במבנה הדעת, אינו רלוונטי ללומד, אינו נשמר לזמן ארוך וגורר חרדה מלמידה.

Novak (2010) טוען: למידה משמעותית תתרחש כאשר הלומד נוטל חלק פעיל בתהליך הלמידה. בתהליך זה משולבים רגשות, מודעות מחשבתית גבוהה, ואחריות מצד הלומד. כל אלו "מעשירים" את הלומד ומעצימים את ביטחונו העצמי בלמידה. לפי נובאק, האדם אינו "כד ריק" (empty vessel) הנועד שימלאו אותו באינפורמציה.

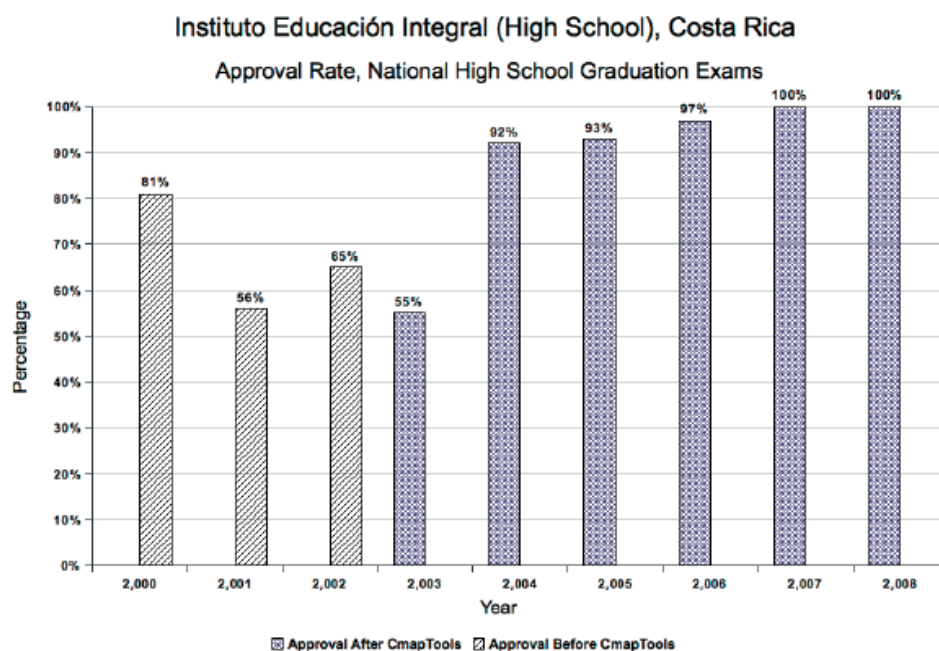
כל אלו הובילו את נובאק ועמיתיו לפיתוחו של הכלי הידוע בשם "מפת מושגים".

ניתן לזהות במפת המושגים שפיתחו נובאק ועמיתיו מספר מאפיינים (Novak & Canas, 2006):

1. מפת המושגים מאורגנת בצורה היררכית. קיים מושג-על ומיקומו בראש המפה, תחתיו מסתעפים בצורה היררכית מושגים נוספים. היחס בין כל שני מושגים מוגדר על ידי מילות קישור או על ידי משפט בעל משמעות.
2. "קשרי הצלבה" (cross links) - זוהי תכונה חשובה במפת מושגים אשר מציגה קישוריות בין מושגים שתחילה נראים כלא קשורים זה לזה. קישור זה מתקיים בין מושגים הנמצאים באזורים שונים של המפה.

3. "דוגמאות"- תכונה נוספת חשובה במפת המושגים היא מתן דוגמאות ספציפיות. דוגמאות אלו משקפות בצורה בהירה יותר את המשמעות המושגית אליה התכוון יוצר המפה.

מקרה שהיה, בבית ספר תיכון בקוסטה ריקה, ממחיש את ההשפעה החיובית שיש לשימוש ב"מפת המושגים" על תהליך ההוראה והלמידה. מנהל בית הספר וצוות מוריו ביקשו לאמץ בבית ספרם, את רעיונות הלמידה המשמעותית ו"מפת מושגים" שנבאק ועמיתיו פיתחו. התוצאות הראו כי בשנה הראשונה (2003), המאמצים לשנות את צורת ההוראה על ידי המורים וצורת הלמידה של התלמידים לא היו קלים כלל. יתרה מזאת, אחוז התלמידים שעבר את "מבחני המדינה" (State exams), ירד בהשוואה לשנת 2002, בה עברו 65% לעומת 55% בשנת 2003. למרות זאת המורים והתלמידים דיווחו שהם מרגישים כי "דברים טובים" מתרחשים עם הגישה החדשה של למידה משמעותית, והסכימו להמשיך בניסיון. במהלך השנים הבאות הסתמנה עליה באחוז העוברים את "מבחני המדינה", עד שבשנת 2007 מספר העוברים את הבחינות הגיע ל-100%. התלמידים "הרוויחו" הרבה מעבר לעובדה שעברו את הבחינה. הם דיווחו כי הרגישו יותר ביטחון ביכולות שלהם, פחות מתח וחרדה מהלימודים (Novak, 2010).



Percent of high school students passing State exams before and after introduction of concept mapping and other meaningful learning practices.
(From Novak, 2010, page 10)

1.2.3 יתרונות השימוש במפת מושגים ככלי הוראה.

המקרה שתואר לעיל ממחיש באופן סיפורי חלק מיתרונות השימוש ב"מפת מושגים". ניתן לזהות יתרונות נוספים הנובעים משימוש בכלי זה בתהליכי הוראה ולמידה.

1. **טיפול למידה משמעותית**- ארגון הידע על ידי זיהוי מושגים בגוף הידע והצגתם בקישורים ענייניים מטפח הבנה עמוקה (Novak & Gowin, 1984).

2. **איתור תפיסות שגויות אצל תלמידים**- מפת מושגים מציגה באופן חזותי מושגים והקשרים ביניהם כפי שהלומד מבינם. דבר זה מאפשר למורים להבחין בין קישורים נכונים, קישורים שאינם נכונים וקישורים חסרים. ניתן לאתר תפיסה שגויה כאשר הקשר בין שני מושגים מבוסס על קישור שגוי (Novak & Musonda, 1991).

3. **שיפור הישגים**- מחקרים שונים הראו כי שימוש במפת מושגים בתהליך הלמידה שיפר את הישגיו של הלומד.

Boujaoude & Attieh (2007) הציגו במחקרם את השפעת השילוב של "מפת מושגים" בתהליך הלמידה על הישגי התלמידים בכימיה. במחקרם השתתפו 60 תלמידי כיתה י' שחולקו לשתי קבוצות: קבוצת ביקורת אשר למדה את התכנים ("טיטרציה חומצה-בסיס", "שווי-משקל של חומצות חלשות") בשיטות המסורתיות, וקבוצת ביקורת שלמדה את אותם תכנים בשילוב של בניית מפות מושגים על ידי התלמידים. שתי הקבוצות נבחנו בשני מבחנים שחוברו על ידי "מומחים". "מבחן-לפני" (pre-test) שהתקיים לפני ההתערבות בכיתות ושתוצאותיו העידו כי הקבוצות היו "שקולות" מבחינת רמתן. "מבחן-אחרי" (post-test) אשר התקיים לאחר ההתערבות ועסק בתכנים שנלמדו, בדגש על שאלות בדרגות חשיבה שונות (על פי הטקסונומיה של בלום). התוצאות הראו שלמרות שלא היה הבדל משמעותי בציונים הסופיים של התלמידים בשתי הקבוצות, כאשר נותחו הציונים לפי כל שאלה ושאלה, נמצא כי בקבוצת הניסוי הציון עבור שאלות ברמת "ידע" היה גבוה יותר באופן מובהק ביחס לציון שאלות אלו בקבוצת הביקורת. גם בשאלות בדרגות החשיבה האחרות היו הציונים בקבוצת הביקורת גבוהים יותר משל אלו בקבוצת הניסוי (אלא שבאופן סטטיסטי לא נמצאה מובהקות לתוצאות אלו).

4. **פיתוח יצירתיות** – אחד ממאפייני מפת מושגים התומך בפיתוח יצירתיות הוא "קשרי הצלבה". ביצירת קשרים מסוג זה יכול הלומד ליצור קשרים חדשים שקודם לכן לא זיהה אותם (Novak & Gowin, 1984).

5. **הגברת המוטיבציה**- על פי (Novak & Gowin, 1984) בניית מפת מושגים בצורה הדרגתית תמחיש לתלמיד עד כמה גדל הידע שצבר במהלך הלמידה. הצלחתו בבניית מפה מורכבת ו"עשירה" בקישורים נכונים תגביר את המוטיבציה שלו ללמידה.

1.3 השימוש במפת מושגים ככלי הערכה

1.3.1 הרציונל

הערכת הישגים היא חלק בלתי נפרד מתהליך ההוראה והלמידה. Novak (2010) מציג את השימוש במפת מושגים לא רק ככלי הוראה ולמידה אלא גם ככלי הערכה. לפי נובאק, המבחן המסורתי מוגבל בבדיקת ידע מצומצם, אשר נקבע על ידי מחבר הבחינה והמכוון לתשובות מאוד מסוימות. מפת מושגים מאפשרת הערכת ידע רחב של הלומד מתוך דגש על ההבנה המושגית והדרך שבה אורגן הידע (דבר שלא בא לידי ביטוי בהערכה המסורתית), אלו האחרונים אינדיבידואלים לכל לומד וניתנים לשיקוף בעזרת מפת מושגים.

מקק'לור, סונאק וסואן טענו כי הערכה המבוססת על ניתוח מפות חשיבה משקפת את האיוון בין הצורך להערכה אובייקטיבית להערכה רגשית (objectivity and sensitivity) הבאה לידי ביטוי במבנה הדעת של התלמיד. לפיכך ניתן לזהות בשיטות השונות להערכת מפות מושגים ביטוי הן להערכת תוכן והן להערכת מבנה המפה (McClure, Sonak & Suen, 1999).

1.3.2 שיטות להערכת מפת מושגים

מקק'לור סונאק ובל (1999) הציגו במאמרם שש גישות להערכת מפת מושגים:

1. גישה "הוליסטית" – לפי גישה זו מוערכת ההבנה הכללית של המושגים כפי שהיא באה לידי ביטוי במפה שהלומד בנה. הציון למפה המוערכת בגישה זו נע בין 1-10 נקודות.
2. גישה "קישורית" (Interrelated) – לפי גישה זו מוערך כל היגד (קישור בין שני מושגים במפה) באופן נפרד. כל היגד מוערך בין 1-3 נקודות, בהתאם למחווה המעריך את מידת נכונותו והתאמתו למבנה ההיררכי. הציון הסופי "למפה" מורכב מסכום הנקודות שניתן לכל קישור וקישור.
3. גישה "מבנית" (Structural) – גישה זו מבוססת על פיתוחם של נובאק וגאוויין להערכת מפת מושגים (Novak & Gowin, 1984). לפי גישה זו ניתנת ההערכה הן לקישוריות בין המושגים והן למבנה המפה:

- כל קישור נכון בין המושגים – מזכה ב-1 נקודה.
- כל היררכיה נכונה – מזכה ב-5 נקודות.
- כל קשר הצלבה (cross link) נכון – מזכה ב-10 נקודות.
- כל דוגמא נכונה – מזכה ב-1 נקודה.

4. גישה "הוליסטית עם מפת קריטריון".

5. גישה "קישורית עם מפת קריטריון".

6. גישה "מבנית עם מפת קריטריון".

שלושת הגישות האחרונות הן מודיפיקציה של הגישות שפורטו, התוספת בהן היא הערכת המפה בהשוואה ל"מפת קריטריון". מפה זו נבנתה על ידי "מומחה", שיכול להיות לדוגמה המורה.

מקק'לור, סונאק וסואן בחנו במחקרם: האם קיים קשר בין גישת ההערכה למהימנות הציון שניתן למפה? ששת הגישות שהוצגו לעיל נבדקו על 63 מפות מושגים. התוצאה הייתה כי הגישות ה"קישוריות" הציגו מהימנות גבוהה של הציון ביחס לגישות האחרות. הסיבה לדעת החוקרים נבעה מ"הפשטות" הנדרשת מבדיקת מפה בגישה זו. בדיקת נכונות כל קישור באופן נפרד היא משימה פשוטה יותר להערכה ומפחיתה מהעומס הקוגניטיבי המופעל על הבודק, זאת בהשוואה לעומס הרב הנתון על הבודק בגישה הערכה מורכבת, כגון הגישה המבנית (McClure, Sonak & Suen, 1999).

תובנות נוספות ממחקרם, שיש להם חשיבות רבה לשדה החינוכי היו:

- כדי שניתן יהיה להשתמש במפת מושגים ככלי להערכה יש לתת לתלמידים מספיק שעות של "אימון" והכרה של הכלי. תלמידים צריכים זמן על מנת לפתח רמת מיומנות טובה של שימוש בכלי ובהפקת מפה המתארת בצורה טובה את הבנתם. מסקנה זו ניתן למצוא גם במחקרם של בוג'אד ואת'יה (Boujaoude & Attieh, 2007).
- הזמן הנדרש ממורה להערכת מפת מושגים דומה לזמן הנדרש ממנו בהערכת מבחן או חיבור בשיטה המסורתית.

במחקר שהתקיים ב-Center Michigan University נבדק השימוש במפת מושגים ככלי להוראה והערכת קורס מבוא לננו-טכנולוגיה. היה זה קורס בין 4 שבועות השתתפו בו 10 סטודנטים מדיספלינות שונות, חלקן מדעיות וחלקן לא. הסטודנטים נפגשו פעם בשבוע לשיעור שערך 3 שעות. בסיומו של כל אחד משלושת השבועות הראשונים נתבקשו הסטודנטים לבנות מפת מושגים בהתאם לתוכן שהוגדר. בסיומו של השבוע הרביעי התקיים מבחן מסכם. הערכת מפות המושגים היוותה 40% מהציון הסופי בקורס. (Moyses, Rivet & Fahlman, 2010)

מפות המושגים הוערכו באופן הבא: קישור נכון- זיכה ב-2 נקודות, קישור שגוי- זיכה ב-0 נקודות וקישור דל- זיכה ב-1 נקודה. כל מפה הוערכה מספרית על פי הנוסחה הבאה²:

$$\frac{\text{מס' קישורים שגויים} * 0 + \text{מס' קישורים דלים} * 1 + \text{מס' קישורים נכונים} * 2}{\text{סה"כ מספר קישורים} * 2} * 100\%$$

² במחקר זה השתמשתי בנוסחה זו להערכה מספרית של מפות החשיבה.

מתוצאות המחקר נמצאה התאמה טובה בין הישגי הסטודנטים במבחן המסכם והציון הממוצע שחושב עבור מפות המושגים שיצרו. תוצאה זו תומכת במפת המושגים ככלי להערכת הידע. כל הסטודנטים שהשתתפו בקורס למעט אחד, העידו שזה היה הניסיון הראשון שלהם בבניית מפת מושגים, והם מאמינים שכלי זה עזר להם מאוד בלמידה, בעיקר בשל הזמן הקצר של הקורס שהיה עמוס במספר רב של ביטויים ומושגים חדשים. הסטודנטים העריכו כי אלמלא השימוש ב"כלי" הקורס היה קשה יותר להבנה.

במחקר אחר בדק אוזדמיר (Ozdemir, 2005) את האפשרות של השימוש ב"מפת מושגים" ככלי לבחינה והערכת תכנים שנלמדו במתמטיקה במדינתו (אנטליה, תורכיה). אחת משאלות המחקר שנבדקה הייתה: "האם ישנה התאמה בין ציוני התלמידים המתקבלים בבחינה מהסוג המאפיין את השיטה המסורתית לבין ציוני התלמידים בבניית מפת מושגים?" (Ozdemir, 2005, p.141). תוצאות המחקר הראו כי אין קורלציה טובה בין ציוני התלמידים במבחנים המסורתיים לבין אלו שהתקבלו במפות המושגים.

התובנה המרכזית המוצגת במחקר זה היא שאין להשתמש במפת מושגים רק למטרת בחינה והערכה. השימוש בכלי צריך להיות חלק אינטגרלי מתהליך ההוראה והלמידה. תלמידים צריכים להכיר היטב את ה"כלי", מומלץ לאפשר לתלמידים "אימון" שנמשך לפחות של חודשיים טרם השימוש בכלי למטרת הערכה.

ניתן לראות משתי הדוגמאות האחרונות כי בספרות המחקרית ישנם מקרים בהם נמצאה הלימה בין הציונים במפות המושגים לציונים במבחן מסורתי, וישנם מקרים בהם אין הלימה בין השניים.

1.4 סוגי מפות מושגים

ניתן לזהות מספר סוגים של מפות מושגים:

מפת מושגים היררכית – מפה זו מציגה את המידע לפי דרגת חשיבות יורדת. מושג – העל ממוקם בראש הדף וממנו מסתעפים לפי סדר חשיבות מושגים נוספים.

מפת מושגים עכבישית – מפה זו ממקמת מושג מרכזי באמצע המפה וממנו מסתעפת רשת של מושגים היוצאת ממנו.

תרשים זרימה – מפת מושגים המציגה את המידע בצורה לינארית.

מפת מושגים מערכתית – דומה במבנה לתרשים זרימה אך בתוספת של input ו-output (מתארת שלבים של מערכת).

1.5 על הוראת הכימיה ככלל

"Many students say that chemistry is difficult. These perceived difficulties are part of the context in which these students develop chemical concepts and problem-solving skills" (Carter & Brickhouse, 1989, p. 223).

ואכן, תלמידים רבים מגדירים את מקצוע הכימיה כמקצוע קשה ומורכב. תלמידים רבים "נאבקים" ללמוד כימיה ולעיתים קרובות ללא הצלחה. רבים מהם לא מצליחים להגיע להבנה נכונה של המושגים היסודיים עליהם מבוססת הכימיה (Nakhleh, 1992).

מבנה הדעת בכימיה עוסק בשלוש רמות הבנה של החומר (Johnstone, 1982):

הרמה המקרוסקופית - רמת התופעה, ברמה זו התלמיד מזהה חומרים, מתאר את תכונותיהם, מכיר תגובות ועוקב אחרי שינויים כגון: טמפרטורה, צבע, מוליכות חשמלית, מסיסות ועוד. הרמה המיקרוסקופית - הרמה החלקיקית, ברמה זו נדרש התלמיד להשתמש במושגים מופשטים המתארים את המבנה החלקיקי של החומר כגון: אטומים, מולקולות, יונים ולהסביר בעזרתן התרחשויות ברמה המקרוסקופית. רמת הסמל - הרמה הייצוגית, זוהי רמה שבה נדרש התלמיד להציג התרחשויות כימיות בעזרת שפת הכימאים הכוללת: סמלים, סימולים, נוסחאות ומשוואות.

המעבר בין רמות החשיבה השונות הוא תהליך מאוד מורכב עבור תלמידים רבים. תלמידים חיים ופועלים ברמה המקרוסקופית של החומר, הרבה פעמיים הם לא רואים את הרלוונטיות של המקצוע לחיי היומיום, ומגלים קושי רב במעברים בין רמות ההבנה השונות, בפרט במעבר מרמת התופעה לרמה החלקיקית (Levy Nahum, Hofstein, Mamlok-Naaman & Bar-Dov, 2004).

חוקרים רבים ניסו לתאר את הבעיות שיש להתמודד איתן בהוראת מקצוע הכימיה, גילברט (Gilbert, 2006) סיכם חלק מבעיות אלו:

1. עם ההצטברות המואצת של ידע מדעי, תכניות הלימודים הפכו להיות עמוסות בתוכן. התוצאות של "עומס בידע תוכני" בא לידי ביטוי בתכניות לימודים המבוססות על מצבורי ידע מבודדים, ועל אוסף עובדות המנותקות מהמקור המדעי שלהם.
2. תלמידים אינם יודעים כיצד לחבר בין מצבורי הידע המבודדים, הם מתקשים לבנות סכימה מנטלית קוהרנטית המקשרת בין התכנים, התוצאה המתקבלת היא למידת תוכן בלי כל משמעות.
3. תלמידים מתקשים לבצע העברה של כלים ומושגים שרכשו בתהליך הלמידה בנושא מסוים לפרק אחר בלימודי הכימיה. התוצאה היא טיפוח תלמידים המסוגלים להתמודד עם פתרון בעיות רק בהקשר שלמדו, ולא כבוגר המסוגל להתמודד עם לימודי כימיה מתקדמים או בפתרון בעיה בחיי היומיום.

1.6 הוראת נושא מבנה האטום בכיתה י'

"מבנה האטום" הינה יחידת לימוד אליה נחשפים התלמידים כבר בלימודי המדעים בחטיבת הביניים. התלמידים הממשיכים לימודי כימיה בחטיבה העליונה מעמיקים בכיתה י' את ידיעותיהם בנושא זה.

התכנים הנלמדים ביחידת לימוד זו הם מאבני הדרך חשובים ביותר בהבנת מקצוע הכימיה. כאשר נשאל ריצארד פיינמן³ מה היה בוחר לומר, בהנחה וכל הידע המדעי שקיים היה "נהרס", והיה עליו לתת משפט אחד לדור הבא המבטא מקסימום של אינפורמציה במינימום של מילים. תשובתו הייתה:

"I believe it is the atomic hypothesis, [...] that all thing are made of atoms- little particles that move around in perpetual motion, attracting [...]or repelling [...]one another"(Richard Feynman, 2011, p.4).

ואכן חשיבות רבה יש בהוראה של יחידת לימוד זו להמשך לימודי הכימיה, אך בד בבד היא גם מזמנת קשיים רבים לתלמידים. הפרק העוסק במבנה האטום מכיל מספר גדול מאוד של מושגים **שרובם מופשטים**: אלקטרון, פרוטון, נייטרון, איזוטופ, קרינה רדיואקטיבית, "ענן אלקטרוני", רמות אנרגיה, רדיוס אטומי, אורך קשר, והרשימה עוד ארוכה מאוד. תלמידים מתקשים ליצור **קישוריות** בין המושגים השונים, **סדרי הגודל** שפרק זה עוסק בהם קשים מאוד להפנמה, ואכן ניתן לזהות בפרק זה מספר רב של תפיסות שגויות ביחס למבנה החלקיקי של החומר.

1.6.1 תפיסות שגויות ככלל ובמבנה האטום בפרט.

"תפיסות שגויות הן בראש ובראשונה 'תפיסות'. כל אדם יוצר לעצמו תפיסות 'מדעיות' כתוצאה מהתנסויותיו בעולם, ותפיסות אלו משמשות את האדם בהמשך תפקודו בעולם. ישנן תפיסות התואמות את התפיסה המדעית המקובלת ויש כאלו שאינן, אלו האחרונות נקראות בשם 'תפיסות שגויות'." (יחיאלי, 2010).

תפיסות שגויות נוצרות אצל תלמידים לפני ההוראה, במהלך ההוראה או כתוצאה ממנה. תפיסות שגויות רבות נוצרות במהלך שיעורי המדע בבית הספר בשל העובדה שלעיתים קרובות יש למונח מסוים משמעות שונה בשפה היומיומית ובשפה המדעית. (לדוגמה: משמעות המונח 'מוצק' בשפת יומיום הוא משהו קשה ואילו משמעותו של מונח זה ב"שפה המדעית" הוא מצב צבירה מסוים של החומר. בעקבות זאת, סבורים תלמידים רבים כי אבקה אינה מוצק (יחיאלי, 2010).

³ ריצ'רד פיינמן, פיסיקאי זוכה פרס נובל לשנת 1965 ואחד מהמדענים החשובים של המחצית השנייה של המאה העשרים.

במחקר שעשו Griffith & Preston (1992) על 30 תלמידי תיכון בקנדה נמצאו 52 תפיסות שגויות ביחס למושגים "אטום" ו"מולקולה", מתוכן:

- "אטומים משולים לכדורים ובתוכם מרכיבים."
 - "אטומים מספיק גדולים כך שניתן ניתן לראות אותם תחת מיקרוסקופ אור."
 - "לכל האטומים יש אותה מסה."
 - "אטומים הם חלקיקים חיים כיוון שהם נמצאים בתנועה כל הזמן."
 - "בחלל בין האטומים של חומר נתון יש אויר, גז חמצן."
- מחקר זה אומנם נעשה לפני כ- 25 שנים אך התפיסות השגויות הללו קיימות גם היום בקרב תלמידים.

בפוסט שהתפרסם בשנת 2014 על ידי Aamarpali Puri רוכזו, מתוך מחקרים שונים שנעשו בשנת 2002, תפיסות שגויות ביחס למודל האטום והמודל המולקולרי, שזוהו אצל תלמידי כיתה ט'. מוצגות כמה מהם:

- "באטום ישנם מעגלים בהם נעים האלקטרונים בתנועה הדומה לתנועת כוכבי לכת סביב כוכב."
- "הקליפה האלקטרונית מגנה על הגרעין כמו קליפת הביצה על החלמון."
- "הענן האלקטרוני דומה לענן גשם, כשהאלקטרונים מרחפים בו כמו טיפות מים."
- "הקליפה האלקטרונית היא מצע הבנוי מחומר כלשהו שבו משובצים האלקטרונים."

ניתן לראות מדוגמאות אלו את המורכבות הרבה הניצבת בפני מורה בהוראת הכימיה ככלל, ומבנה האטום בפרט. המסקנה הראשונה והברורה מדוגמאות אלו היא החשיבות בזיהוי של אותן תפיסות שגויות ותיקונן. כפי שצוין קודם, השלב הראשון בהוראה צריך להתמקד בזיהוי הידע הקודם של התלמיד (Ausubel, at el, 1978).

1.7 מפת מושגים ככלי התומך בהוראת הכימיה

הקשיים המרכזיים שהודגשו בחלק זה של הסקירה הספרותית מדגישים את הצורך בשילוב כליי הוראה אשר "מסוגלים": א. לתמוך ביצירת קישוריות בין התכנים המרובים והמופשטים בהן עוסקת הכימיה, ובפרט בתכנים העוסקים במבנה האטום. ב. לאפשר זיהוי ידע קודם של התלמיד כמפתח ללמידה משמעותית. ג. לאפשר זיהוי של תפיסות שגויות.

אחד מכלי ההוראה שנותן מענה לצרכים אלו, ומהווה מרכזה של עבודת מחקר זו, הוא השילוב של כלי ההוראה מסוג מפת מושגים בהוראת הנושא מבנה האטום.

Nwani (2014), מציג במאמרו מספר המלצות כיצד להשתמש ב"מפת מושגים" בשיעורי הכימיה :

1. "אימון התלמיד" - על המורה להקדיש זמן ל"אימון" התלמיד בבניית מפת מושגים. יש להתחיל במפות שתוכן פשוט ומוכר לתלמידים.
 2. יצירת מפות אינדיבידואליות על ידי התלמידים - שלב חשוב שבו כל תלמיד באופן אישי בונה את "המפה" בהתאם להבנתו.
 3. "סקירת המפות בקבוצות קטנות" - לאחר שיצרו התלמידים את המפות באופן אינדיבידואלי, מומלץ ליצור קבוצות קטנות של תלמידים לדיון במפות שיצרו. התלמידים יחלקו עם חבריהם את "המפות" שיצרו - ימצאו דמיון ושוני בין המפות, קבוצת דיון מסוג זה תומכת בשיתוף ידע ולמידה מהאחר.
 4. "דיון כיתתי" - כל קבוצה תציג במסגרת המליאה הכיתתית את התובנות המרכזיות שלה מהשוואת מפות המושגים שיצרו החברים בקבוצה. יצגו את המושגים המרכזיים לדעתם בתוכן הנידון ויחד ניתן לבנות "מפת מושגים" כיתתית המבוססת על התובנות של הקבוצות השונות.
- נובאק (Novak, 1989) מדגיש את תפקידו כמורים ביצירת סביבה התומכת בלמידה משמעותית עבור תלמידנו. מנגד, התלמידים צריכים לדעת כי ההבנה לעולם אינה מושלמת, זהו תהליך חוזר ונשנה שבו אנו נעים בהדרגה מ"פחות" הבנה ל"יותר" הבנה, עד שנגיע לנקודה שבה חקירה חדשה מרחיבה את גבול הבנתנו. חיפוש אחר הבנה עמוקה הוא תהליך ארוך שמלווה מצד אחד בכאב, חרדה ובלבול, ומנגד בשמחה והתרגשות כאשר משמעויות חדשות נרכשות.

2. מטרת המחקר ושאלות המחקר

2.1 מטרת המחקר

מטרת המחקר היא לבדוק האם וכיצד שילוב "מפת מושגים" ככלי הוראה והערכה, תומך בלמידה משמעותית של הנושאים והמושגים בפרק העוסק ב"מבנה האטום" בקרב תלמידי כיתה י'.

2.2 שאלות המחקר

1. האם וכיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" תומך בתלמידים ליצור הקשרים בין המושגים הנלמדים בפרק העוסק במבנה האטום?
2. האם וכיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" משקף את מידת הבנה של התלמיד את התכנים שנלמדו בפרק העוסק במבנה האטום?
3. האם השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" יכול לשקף תפישות שגויות של תלמידים בפרק העוסק במבנה האטום?
4. כיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" השפיע על תפישת התלמידים את לימודי הכימיה?
5. האם וכיצד תלמידים שלמדו בעזרת כלי הוראה מסוג "מפת מושגים", מסוגלים לבצע העברה של כלי זה גם לפרקים אחרים בלימודי הכימיה?

2.3 השערות המחקר

1. שימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" בפרק העוסק במבנה האטום תומך בתלמידים ביצירת קשרים בין המושגים הנלמדים בפרק זה.
2. שימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" בפרק העוסק במבנה האטום משקף את מידת ההבנה של התלמידים את התכנים שנלמדו.
3. שימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים", בפרק העוסק במבנה האטום תומך בזיהוי תפישות שגויות של תלמידים בפרק זה.
4. שימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" על ידי התלמידים משפיע על האופן שבו תלמידים תופשים את לימודי הכימיה.
5. תלמידים שלמדו בעזרת כלי ההוראה מסוג "מפת מושגים" בפרק העוסק במבנה האטום יהיו מסוגלים לבצע ההעברה של כלי זה גם לפרקים אחרים בלימודי הכימיה.

3. תיאור הפעילות

בניית "מפות מושגים" על ידי התלמידים ניתנה כמשימה בשלבים שונים של למידת הנושא "מבנה האטום":

1. **מפה ראשונה** – המפה נבנתה לאחר הוראת התכנים העוסקים בנושא "גרעין האטום". מטרת המשימה: 1. התנסות ראשונה של התלמידים עם כלי הוראה מסוג "מפת מושגים היררכית" והפקת לקחים על ידי המורה. 2. סיכום הנושא "גרעין האטום" תוך שימת דגש על קישוריות בין המושגים השונים.

משימה זו ניתנה כעבודה בכיתה, התלמידים קיבלו "שלד" של מפת מושגים היררכית ועליהם היה לשבץ, מתוך מחסן מושגים נתון, 20 מושגים הקשורים לנושא "גרעין האטום". בנוסף עליהם היה להוסיף מילות קישור על "הענפים" הקושרים בין המושגים. (דף הפעילות מוצג בנספח 1)

מהתערבות זו בלט כי המשימה הייתה מורכבת לחלק גדול מהתלמידים, לכן ניתנו במהלך המשימה "עוגנים". "בשלד" הנתון שובצו שלושת המושגים "אטום", "איזוטופים", "וקרינה רדיואקטיבית" דבר שאפשר לתלמידים התקדמות עם המשימה. שיעור לאחר מכן התקיים בכיתה דיון סביב: מהי "מפת מושגים", סוגי מפות מושגים, תרומתה של מפה זו ללמידה, מהו קישור נכון, קישור שגוי, קישור דל, כיצד ניתן להעריך מפת מושגים?

2. **מפה שנייה-המפה** נבנתה לאחר הוראת התכנים העוסקים בנושא "האלקטרונים באטום". מטרת המשימה: 1. המשימה ניתנה כחלק מחזרה לקראת בחינה. 2. התנסות התלמידים עם מפת מושגים "עכבשית".

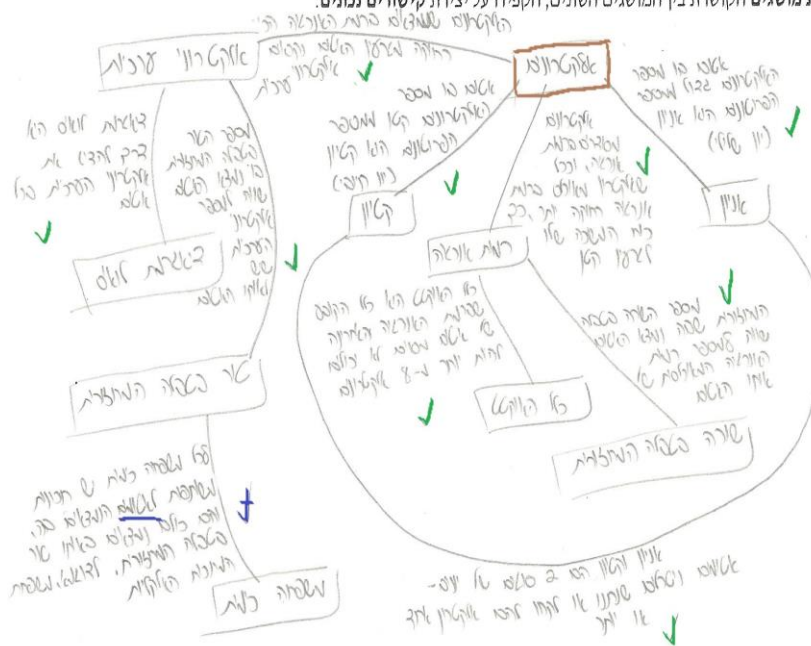
משימה זו ניתנה כעבודת כיתה להגשה, התלמידים קבלו "מחסן" של 10 מושגים העוסקים בנושא "האלקטרונים באטום", והתבקשו לבנות "מפת מושגים" בדגש על קישוריות נכונה בין המושגים. להלן דוגמה למפת מושגים שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד (דוגמאות נוספות מוצגות בנספח 2).

מפת מושגים מספר 2

האלקטרוניס באטום

מחסן מושגים: רמות אנרגיה, משפחה כימית, כלל האוקטט, אלקטרונים, טור בטבלה המחזורית, שורה בטבלה המחזורית, דיאגרמת לואיס, אלקטרוני ערכיות, אנזון, קטיון.

השתמשו במחסן המושגים ובנו **מפת מושגים** הקושרת בין המושגים השונים, הקפידו על יצירת **קישורים נכונים**.



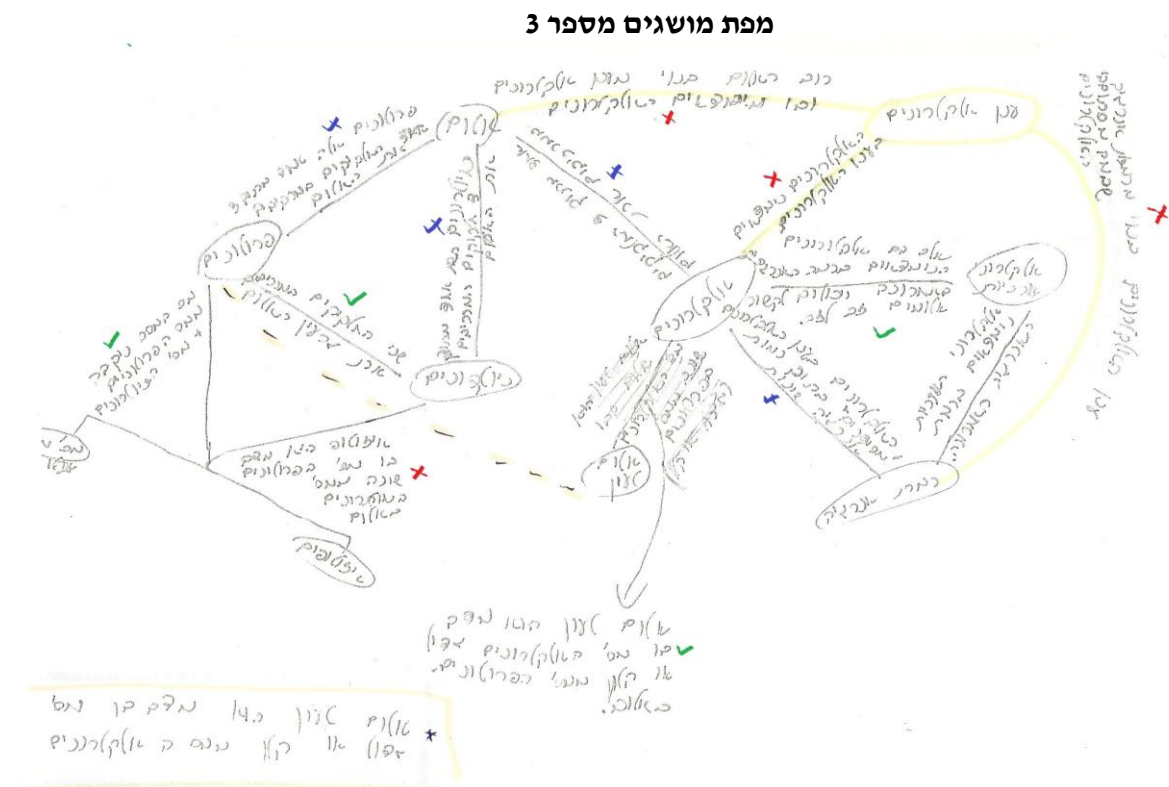
איור 1: מפת מושגים בנושא "האלקטרוניס באטום" שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד.

3. **מפה שלישית**- המפה נבנתה כתשובה לשאלה שניתנה בבחינה, ועסקה בתכנים "גרעין האטום" ו"אלקטרונים באטום". מטרות המשימה: 1. בניית מפת מושגים המבוססת על הידע הקישורי שצברו התלמידים בשתי המפות הקודמות. 2. הערכת ידע והבנה של התלמידים את הנושאים שלמדו.

המשימה לבניית מפת המושגים הופיעה בבחינה כשאלה מספר-3 וניסוחה היה:

3. השתמשו במחסן המושגים הבא ובנו **מפת מושגים** הקושרת בין המושגים השונים. הקפידו על יצירת **קישורים נכונים**. (15 נק')
הערה: בכתיבת הקישור הקפידו על ניסוח **משפט** נכון וברור.
מחסן מושגים: אטום, פרוטונים, נייטרונים, אלקטרונים, איזוטופים, מסי מסה, אלקטרוני ערכיות, אטום טעון, רמות אנרגיה.

להלן דוגמה למפת מושגים שנבנתה על ידי תלמיד ברמה לימודית בינונית. (דוגמאות נוספות מוצגות בנספח 3)



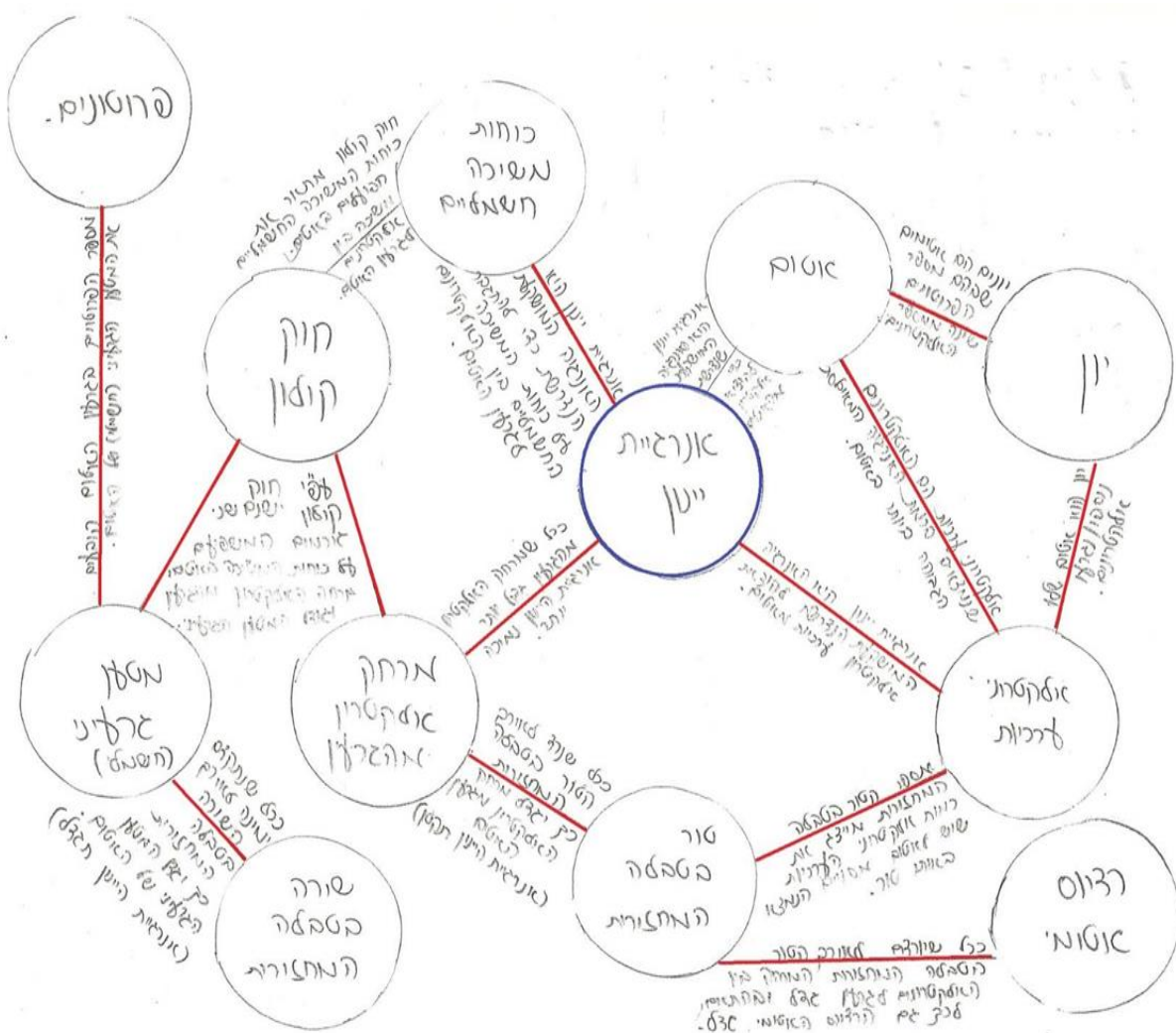
איור 2: מפה מושגים שנבנתה על ידי תלמיד ברמה לימודית בינונית כתשובה לשאלה בבחינה.

4. מפה רביעית - המפה נבנתה לאחר הוראת התכנים העוסקים בנושא "אנרגיית יינון".
מטרות המשימה: 1. סיכום הנושא הנלמד. 2. הערכת הידע והבנת התלמידים.

המשימה ניתנה כמשימת בית. על התלמידים היה לבחור לפחות 10 מושגים הקשורים לנושא "אנרגיית יינון", לבנות מפת מושגים בדגש על ניסוח משפטי קישור "עשירים" ונכונים בין המושגים.

להלן דוגמה למפת מושגים שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד. (דוגמאות נוספות מוצגות בנספח 4)

מפת מושגים מספר 4



איור 3: מפה מושגים בנושא "אנרגיית יינון" שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד

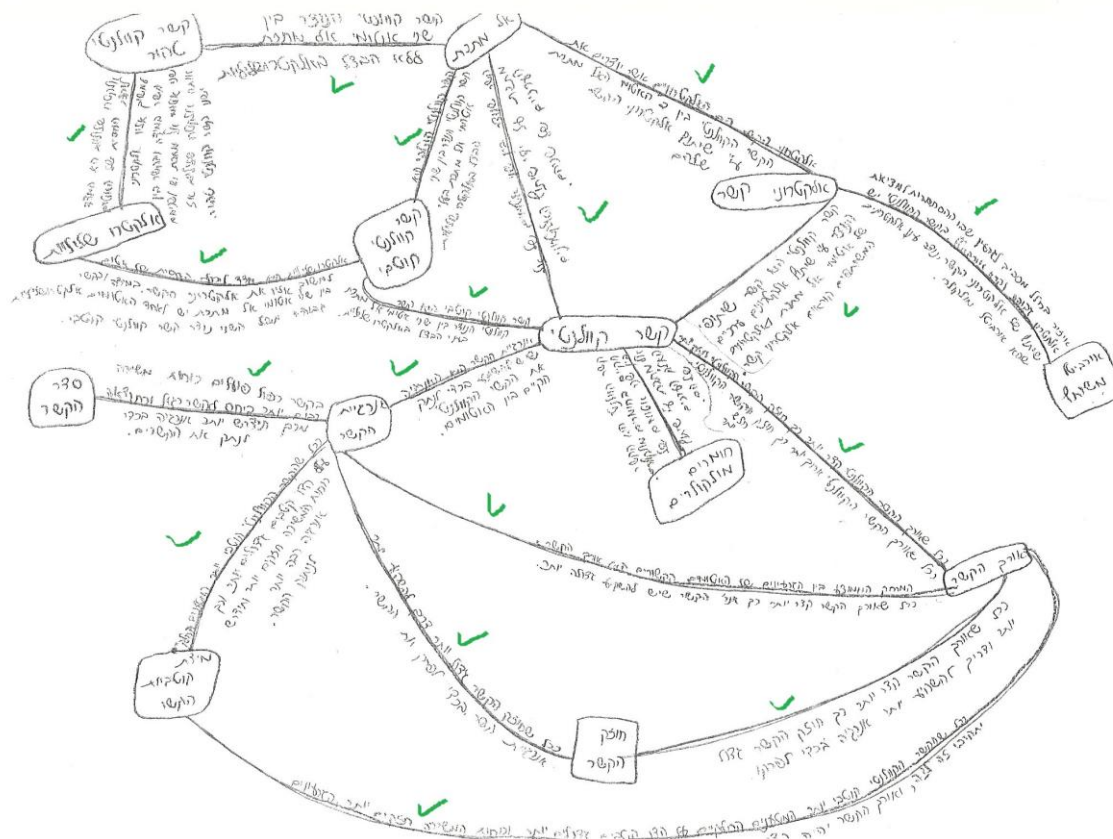
5. מפה חמישית- המפה נבנתה לאחר הוראת התכנים עוסקים בנושא "קשר הקוולנטי".

מטרות המשגמה: 1. סיכום הנושא שנלמד וחזרה לקראת בחינה. 2. הערכת ידע והבנה של התלמידים. 3. לבחון יכולת המרה של בניית מפת מושגים על ידי התלמידים לתכנים נוספים בכימיה.

המשימה ניתנה כמשימה בית לחופשת הפסח. על התלמידים היה לבחור מושגים רבים (לא הוגדר סף מינימלי) הקשורים לנושא ולבנות מפת מושגים "עשירה" ונכונה מבחינה תכנית.

להלן דוגמה למפת מושגים שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית גבוהה. (דוגמאות נוספות מוצגות בנספח 5)

מפת מושגים מספר 5



איור 4: מפה מושגים בנושא "הקשר הקוולנטי" שנבנתה על ידי תלמידה ברמה לימודית טובה

4. מתודולוגיה

4.1 אוכלוסייה

אוכלוסיית המחקר כללה 21 תלמידי כיתה י' הלומדים במגמת ביוטכנולוגיה ומרחיבים לבגרות ברמת 5 יחידות לימוד בכימיה. הקבוצה מנתה 13 בנות ו-8 בנים. לקראת סופה של ההתערבות מספר התלמידים ירד ל-19 עקב שינוי מגמה של שניים מתלמידי הכיתה.

4.2 כלי המחקר והשיטה

מחקר זה שילב כלי מחקר איכותניים וכלי מחקר כמותניים, בקבוצת כלי המחקר **הכמותניים** נכללו:

1. שאלוני העמדות (pre/post) שנותחו באופן סטטיסטי בעזרת מבחן T. באמצעות שאלונים אלו נבחנו עמדות התלמידים ביחס ללמידת כימיה בדגש על קטגוריות "הבנה" ו"עניין", לפני ואחרי ההתנסות בבניית מפות מושגים. (שאלוני העמדות מוצגים בנספח 6)

2. תוצרי התלמידים: "מפות המושגים" שבנו התלמידים. בעזרת תוצרים אלו הוערכה מידת התמיכה של כלי ההוראה מסוג "מפת מושגים" בלמידה משמעותית של התלמידים. מפות המושגים (מפות 2-5) שנבנו על ידי התלמידים בשלבים השונים של ההתערבות, נאספו והוערכו מספרית. בכל מפה נבדקו הפרמטרים הבאים: "מספר המושגים", "מספר הקישורים הנכונים", "מספר הקישורים הדלים", מספר הקישורים השגויים. במחקר זה "קישורים" לעיל הוגדרו באופן זה:

"קישור נכון" – משפט מורכב המציג בצורה נכונה ומשמעותית את קשר בין שני מושגים. לדוגמא: מספר מסה-איזוטופים: "איזוטופים הם אטומים של אותו יסוד, מספר הפרוטונים שלהם זהה אך מספר המסה שלהם שונה".

"קישור דל" – בקטגוריה זו נכללו שני סוגי משפטים: א. משפט פשוט ונכון ב. משפט מורכב המציג בחלקו קישור נכון ומשמעותי בין המושגים.

לדוגמא: אטום-אלקטרונים: "האלקטרונים מרכיבים את האטום".
אנרגיית יינון-אלקטרונים ערכיות: "אנרגיית יינון היא האנרגיה המושקעת הנדרשת להוצאת אלקטרון ערכיות מאטום". (הקושי – "לא רק אלקטרוני ערכיות")

"קישור שגוי" – משפט פשוט או מורכב המציג קישור שגוי בין המושגים.
לדוגמא: אלקטרונים-קטיון: "אלקטרון שכמות הפרוטונים בו גדול ממספר האלקטרונים הוא יון חיובי ונקרא קטיון".

כל "מפה" הוערכה **מספרית** באופן הבא (Moyses, Rivet & Fahlman, 2010):

"קישור נכון" – זיכה ב-2 נקודות, "קישור דל" – זיכה ב-1 נקודה, "קישור שגוי" – זיכה ב-0 נקודות.

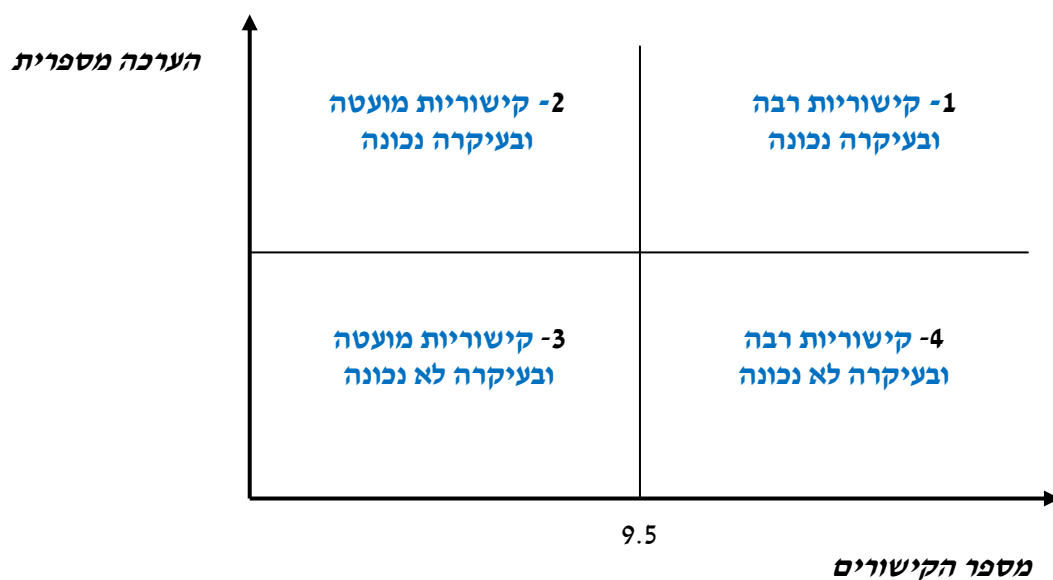
הציון למפה חושב על פי הנוסחה הבאה :

$$\frac{\text{מס' קישורים שגויים} * 0 + \text{מס' קישורים דלים} * 1 + \text{מס' קישורים נכונים} * 2}{\text{סה"כ מספר קישורים} * 2} * 100\%$$

לדוגמא: "מפה" שבה סך-הכל 7 קישורים מתוכם: 5 קישורים נכונים, 1 קישור דל, 1 קישור שגוי תזכה בציון:

$$\frac{5 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0}{2 \cdot 7} \cdot 100 = 78$$

כדי שניתן יהיה להעריך את המפות במידת הקישוריות שאפיינה אותן ביחס לכלל תלמידי הכיתה, הוצגו ציוני "המפות" עבור משימה מסוימת במערכת צירים באופן הבא:



בצורה זו חולק המישור לארבעה רבעים:

ברביע הראשון- ימצאו התלמידים שיצרו מפות מושגים המבוססות על מספר קישורים רב ורובם נכונים. ניתן להעריך את מידת הבנה של תלמידים אלה, לגבי התכנים המיוצגים במפה כהבנה טובה מאוד.

ברביע השני- ימצאו התלמידים שיצרו מפות מושגים המבוססות על מספר קישורים מועט בין המושגים אך רובם נכונים. ניתן להעריך את מידת הבנה של תלמידים אלה, לגבי התכנים המיוצגים במפה כהבנה טובה אך יש מקום לפתח אצלם קישוריות מסתעפת וגבוהה בין המושגים.

ברביע השלישי- ימצאו תלמידים שיצרו מפות מושגים המבוססות על מספר קישורים מועט בין המושגים ורובם שגויים. ניתן להעריך כי תלמידים אלו מגלים קושי בהבנת החומר הנלמד.

ברביע הרביעי - ימצאו תלמידים שיצרו מפות מושגים המבוססות על מספר קישורים רב אך רובם שגויים. ניתן להעריך כי תלמידים אלו מגלים קושי רב בהבנת החומר הנלמד.

כמובן השאיפה היא שימצאו יותר תלמידים ברביעים 1+2, ושמספר התלמידים שימצאו ברביע 1 יגדל עם התקדמות הלמידה.

הערה: ברוב המפות שיצרו התלמידים מספר הקישורים הממוצע למפה היה 9, לכן נקבע הישר המקביל לציר ה- y במערכת הצירים שהוזכרה בין 9-10 קישורים.

בקבוצת כלי המחקר **האיכותניים** נכללו ראיונות שקוימו עם שתי קבוצות תלמידים.

קבוצה אחת מנתה 3 תלמידים, שני בנים: האחד ברמה לימודית טובה מאוד, השני ברמה לימודי בינונית ובת ברמה לימודית טובה. הקבוצה השנייה מנתה בן ברמה לימודית נמוכה ובת ברמה לימודית בינונית. ראיונות אלו סייעו להבנת הממצאים שהתקבלו באופן כמותי וכן להבנת תהליכי הלמידה המתרחשים תוך כדי בניית מפת מושגים.

השאלות שנשאלו בראיונות:

1. האם בשנות הלימוד הקודמות שלכם התנסיתם בבניית "מפת מושגים" מסוג כלשהו?
2. אלו פעולות אתם מבצעים כדי למלא אחר מטלת מסוג בנייה של "מפת מושגים"?
3. האם אתם נעזרים בחומרי לימוד לבניית "מפת המושגים"?
4. האם נתקלתם בתהליך בניית "מפת מושגים" בקושי, "מבוי סתום", אם כן, מה עשיתם?
5. מה אתם מרגישים כשאני נותנת לכם את המטלה לבניית "מפת מושגים"?
6. מה אתם מרגישים לאחר שסיימתם ליצור את מפת המושגים?
7. האם אתם מרגישים שבניית מפת מושגים תורמת ללמידה שלכם?
8. האם אתם חושבים שניתן לבצע שימוש בכלי זה גם למקצועות אחרים?
9. האם אתם רוצים להוסיף משהו לסיכום?

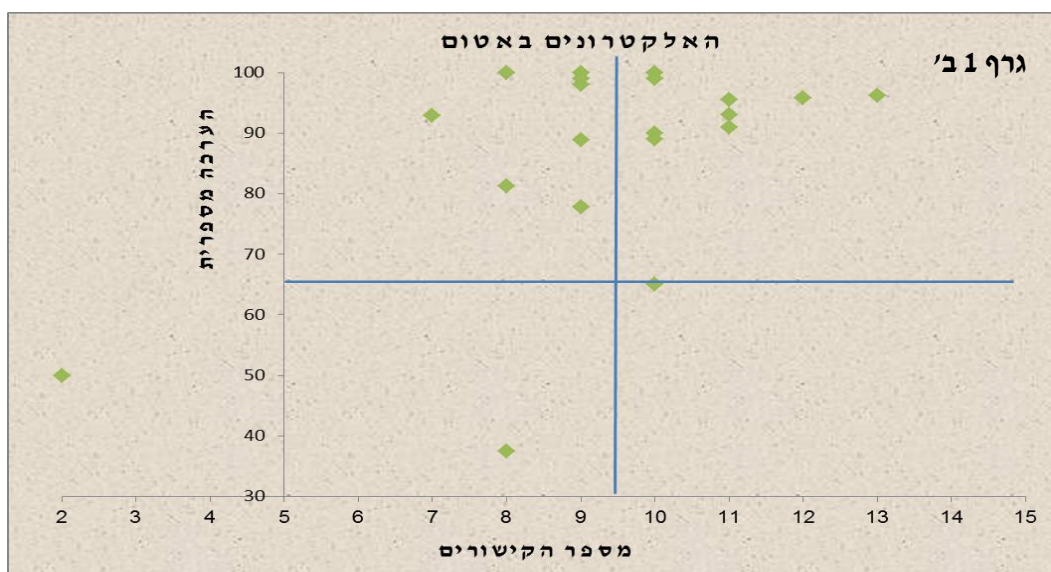
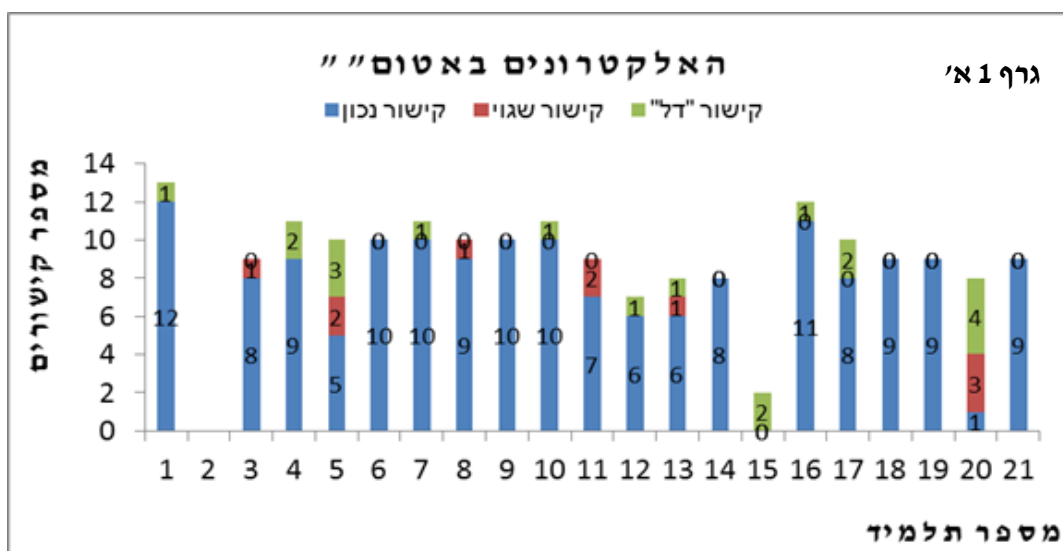
5. תוצאות המחקר

שאלת מחקר 1- האם וכיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" משקף את מידת הבנה של התלמיד את התכנים שנלמדו בפרק העוסק במבנה האטום?

שאלת מחקר 2- האם וכיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" תומך בתלמידים ליצור הקשרים בין המושגים הנלמדים בפרק העוסק במבנה האטום?

גרפים 1א'- 4א' מציגים את התפלגות הקישורים "הנכונים", "הדלים" ו"השגויים" עבור מפות המושגים שיצרו התלמידים בשלבים השונים של ההתערבות.

גרפים 1ב'- 4ב' מציגים התפלגות "הערכה מספרית", שחושבה לכל מפה שיצרו התלמידים בשלבים השונים של ההתערבות, לפי רבעים.



מס' הקישורים בממוצע לתלמיד – 9.3 , סטיית תקן – 2.98, מס' המושגים – 10, מס' תלמידים – 20.

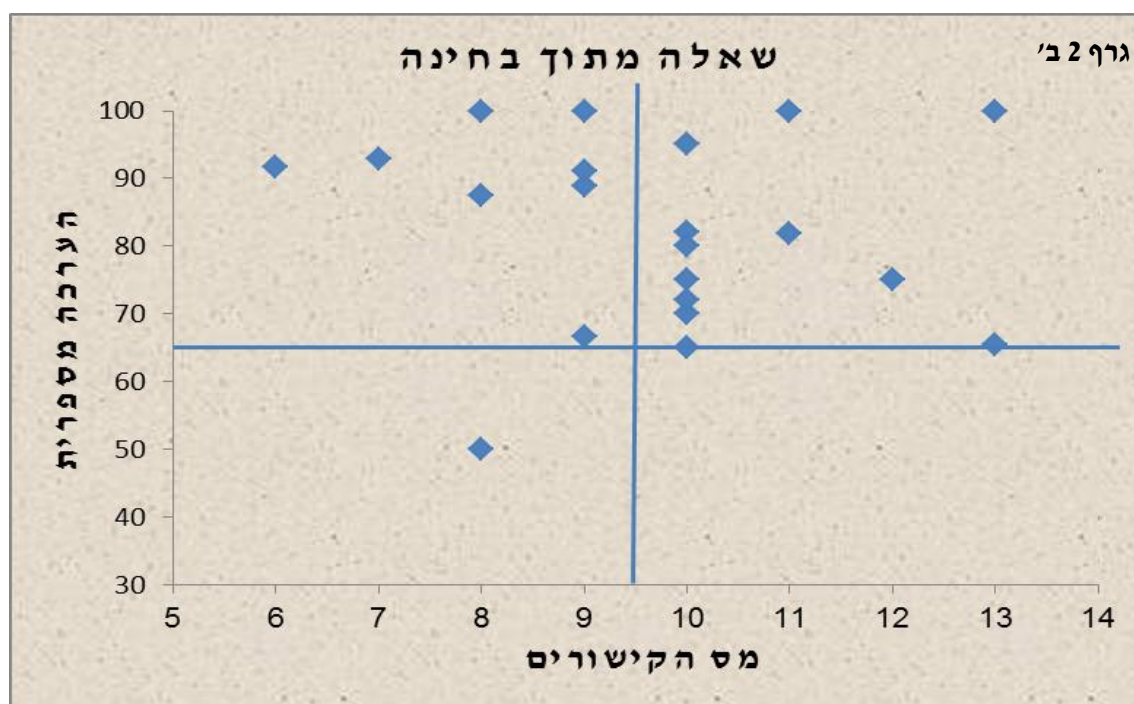
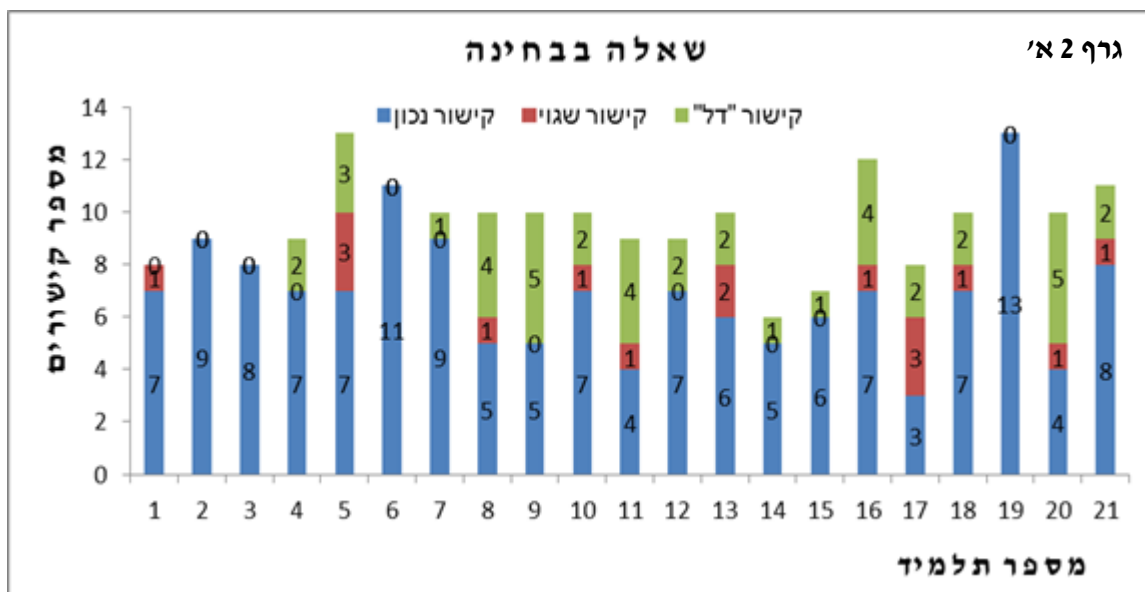
מגרף 1א' ניתן לראות כי מספר הקישורים הנכונים אצל רוב התלמידים (למעט תלמידים 15 ו-20) היה גבוה ממספר הקישורים הדלים והשגויים. ממצא זה מעיד כי ניכרת הבנה טובה של המושגים: "רמות אנרגיה", "משפחה כימית", "כלל האוקטט", "אלקטרוני", "טור בטבלה המחזורית", "שורה בטבלה המחזורית", "דיאגרמת לואיס", "אלקטרוני ערכיות", "אניון" "קטיון" עבורם נתבקשו התלמידים ליצור קישוריות נכונה וענפה בעזרת הכלי "מפת מושגים".

מגרף 1ב' ניתן לראות כי 17 מבין 20 התלמידים שהגישו את המשימה, בנו מפות שמבוססות בעיקרן על קישוריות נכונה. כ-50% מתוכם, 7 תלמידים, העדיפו לבנות מפות שבהן מידת הקישוריות בין המושגים מועטה אך נכונה (רביע 2), 8 האחרים יצרו מפות עם קישוריות רבה ונכונה (רביע 1). ניתן לראות את חריגותם של תלמידים מספר 15, ו-20, רביע 3, ומחוץ לתחום הרבעים בהתאמה אשר גילו קושי בביצוע המשימה ובהבנת המושגים.

דוגמא לקישור נכון: **רמות אנרגיה-שורה בטבלה המחזורית**: "מספר השורה בטבלה המחזורית שבה נמצא האטום שווה למספר רמות האנרגיה המאוכלסות של אותו אטום". (תלמיד מס' 6- תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד)

דוגמא לקישור דל: **אלקטרוני ערכיות-קטיון**: "לפי מספר אלקטרוני הערכיות של אטום אני יכולה לדעת מיהו הקטיון הנפוץ של אותו אטום". (תלמיד מס' 16- תלמידה ברמה לימודית טובה) הקושי: ניתן לקבוע על פי מספר אלקטרוני ערכיות לא רק את סוג הקטיון הנפוץ אלא את סוג היון הנפוץ.

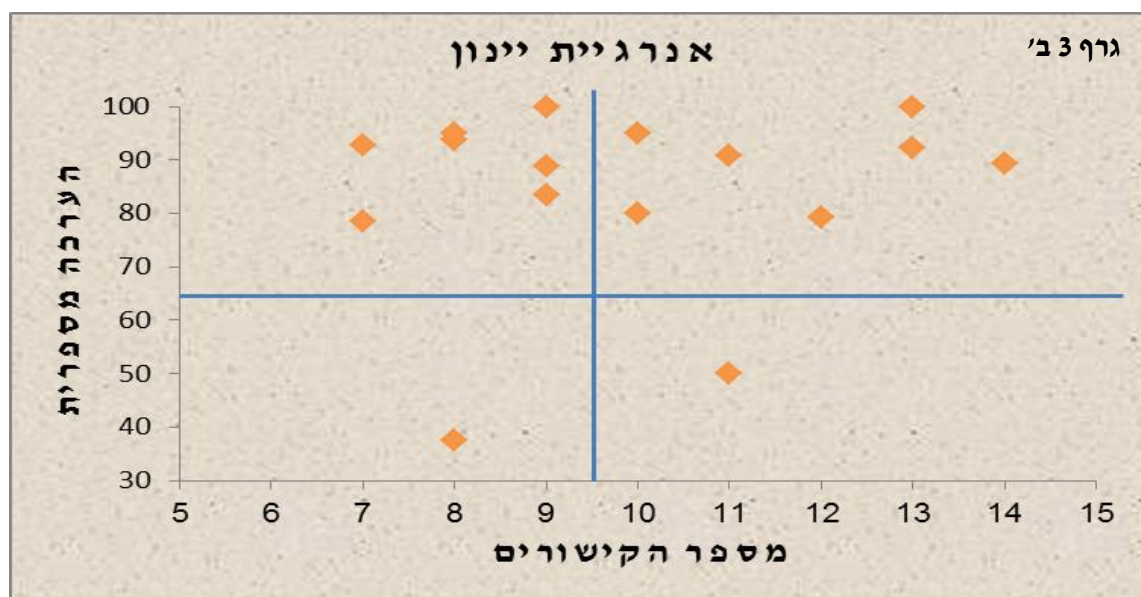
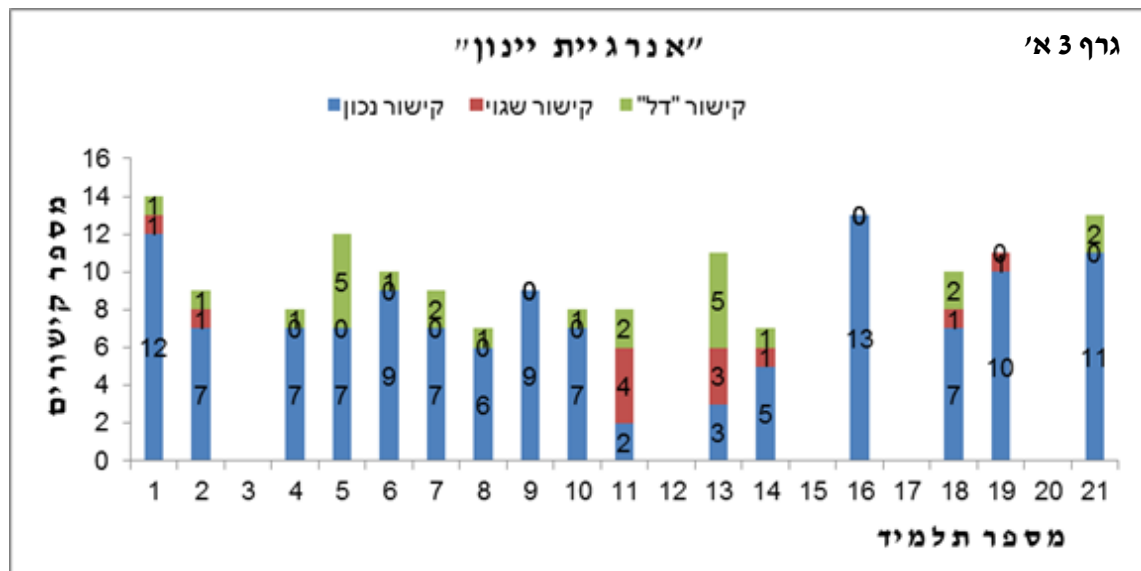
דוגמא לקישור שגוי: **אלקטרוני ערכיות -טור בטבלה**: "אלקטרוני הערכיות מספרם נקבע על ידי מספר הטור". (תלמיד 5, תלמיד ברמה לימודית בינונית). הקושי: מספר אלקטרוני הערכיות שיש לאטום אֵיננו נקבע על פי מספר הטור בטבלה המחזורית, אלא מיקומו (בטור) בטבלה המחזורית נובע ממספר אלקטרוני הערכיות המאפיינים אותו.



מס' הקיטורים בממוצע לתלמיד – 9.66 סטיית תקן – 1.77 מס' המושגים – 9 מס' תלמידים – 21

מגרף 2א' ניתן לראות כי מספר הקיטורים הנכונים אצל רוב התלמידים היה גבוה ממספר הקיטורים הדלים והשגויים, ממוצע הקיטורים לתלמיד ביחס לגרף הקודם עלה, אך גם מספר הקיטורים הדלים והשגויים גבוה יותר בהשוואה לגרף 1א'. ממצאים אלו מעידים על המורכבות והקושי לצד הבנה טובה שגילו התלמידים, כאשר נדרש מהם בסיטואציה של בחינה לבנות קישוריות בין מושגים העוסקים ב"גרעין האטום" ו"אלקטרונים באטום".

מגרף 2' ניתן לראות כי 13 מבין 21 התלמידים בנו "מפות" המבוססות בעיקרן על קישוריות נכונה בין המושגים. (רביע 1, רביע 2 בהערכה מספרית 80 ומעלה), מתוכם באופן דומה לגרף 1'ב', כ-50%, 7 תלמידים במספר העדיפו ליצור מפות עם קישוריות מועטה בין המושגים אך נכונה (רביע 2). חריג בגרף תלמיד מס' 17 (רביע 3) אצל תלמיד זה מספר הקישורים הנכונים קטן ממספר הדלים והשגויים מסתמנת אצלו קושי בהבנת המושגים שהציג במפתו והקשרים ביניהם.



מס' הקישורים בממוצע – 9.93 סטיית תקן – 2.20 מס' המושגים בממוצע 9 מס' תלמידים – 16 מגרף 3א' ניתן לראות כי באופן דומה לגרפים הקודמים מספר הקישורים הנכונים אצל רוב תלמידי הכיתה היה גבוה ממספר הקישורים הדלים והשגויים. ממצא זה מעיד כי ניכרת הבנה טובה של המושגים העוסקים בנושא אנרגיית יינון אצל רוב התלמידים, בהשוואה לגרף 2א' ניתן לראות כי מספר הקישורים השגויים קטן.

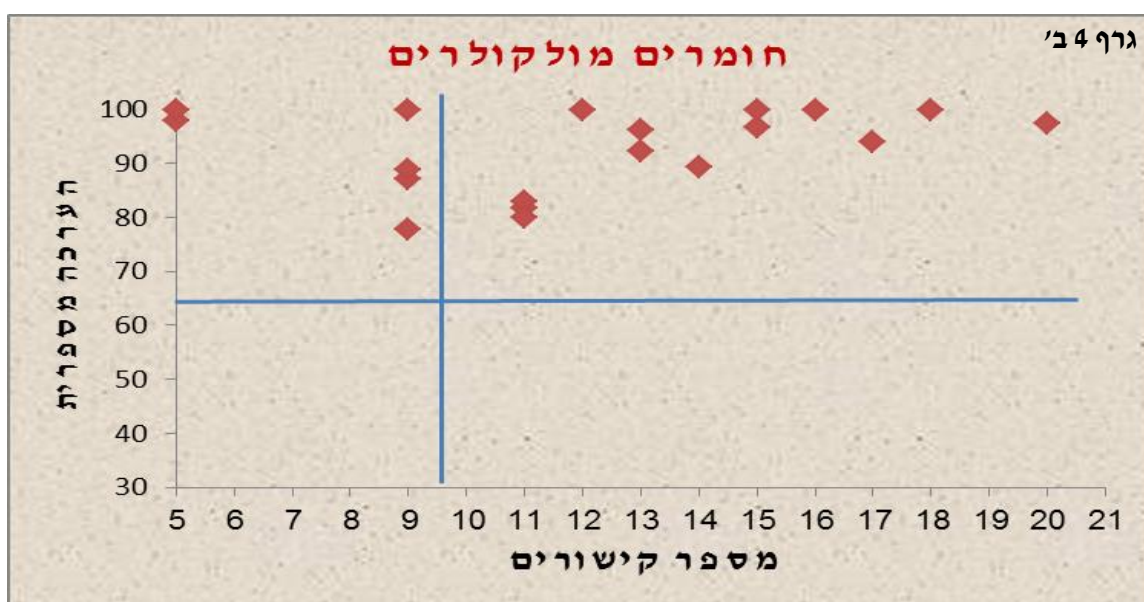
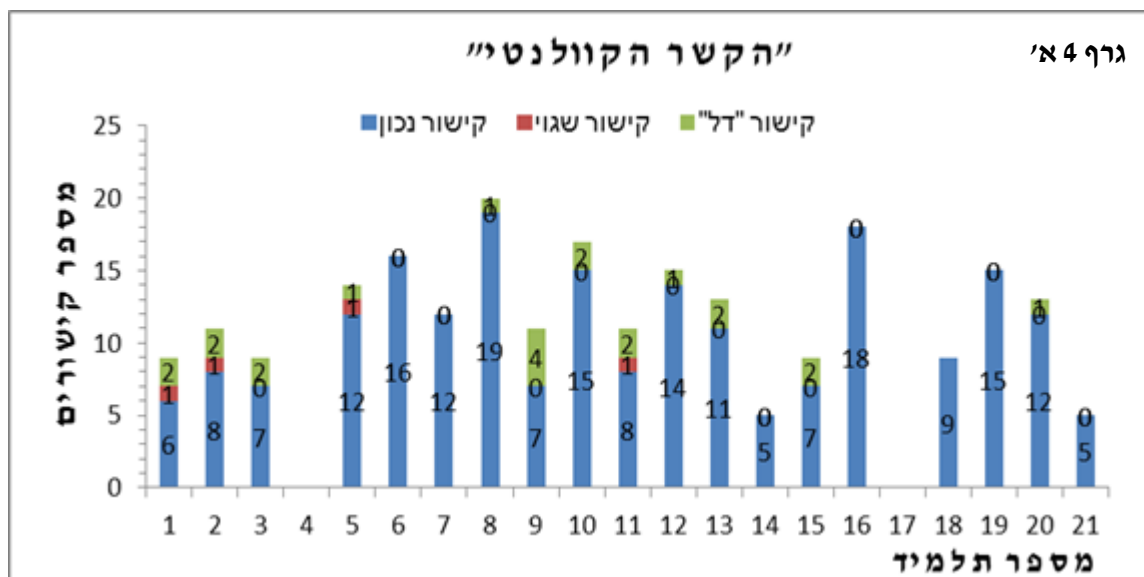
מגרף 3' בולט כי 14 מבין 16 מבצעי המשימה יצרו "מפות" המבוססות בעיקרן על קישוריות נכונה. גם כאן בולט כי 50% מתוכם העדיפו ליצור מפות בהן הקישוריות מועטה אך נכונה. (רביע 2) חריגים בגרף תלמיד 11 (רביע 3) שיצר "מפה" המבוססת על קישוריות מועטה ולא נכונה ממצא זה מעיד על קושי רב בהבנת המושגים והקשרים בניהם, תלמיד 13 (רביע 4) השתדל ליצור קישוריות רבה בין המושגים אך ברובה הייתה שגויה.

דוגמאות לקישורים נכונים: **אנרגיית יינון-אטום**: "אנרגיית היינון היא כמות האנרגיה המושקעת הנדרשת להוציא אלקטרון מאטום". (תלמיד מס 1 תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד)

אנרגיית יינון-אלקטרוני ערכיות: "האלקטרון שמוצא מאטום באנרגיית היינון הראשונה הוא אלקטרון ערכיות". (תלמיד מס 6 תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד)

דוגמא לקישור דל: **אנרגיית יינון-מספר טור במערכה המחזורית**: "ככל שמספר הטור גדל, המטען הגרעיני גדל וכך גם אנרגיית יינון". (תלמיד מס 4 תלמיד ברמה לימודית טובה) ניכר כי התלמיד מבין את הקשר בין המושגים, אך קישור זה נכון בתנאי שאנו מדברים על הוצאת אלקטרון מרמה אלקטרונית שווה.

דוגמא לקישור שגוי: **רמת ערכיות-אנרגיית יינון**: "ככל שיש יותר רמות ערכיות כך אנרגיית היינון יורדת משום שהמרחק מן הגרעין גדל". (תלמיד מס 14 תלמיד ברמה לימודית טובה) השגיאה היא שקיימת רק רמת ערכיות אחת. מדגיש את הקושי בריבוי מושגים גם אצל תלמידים ברמה לימודית טובה.



מס' הקיזורים בממוצע – 10.5 סטיית תקן – 4.82 מס' המושגים בממוצע 10 מס' תלמידים-19 מגרף 4א' ניתן לראות כי מספר הקיזורים הנכונים אצל כלל תלמידי הכיתה היה גבוה ממספר הקיזורים הדלים והשגויים, ניכרת עליה מסוימת במספר הקיזורים בממוצע לתלמיד, באופן בולט ביחס לגרפים הקודמים ניתן לראות ירידה משמעותית במספר הקיזורים השגויים והדלים. ממצאים אלו מעידים כי ניכרת הבנה טובה מאוד של המושגים העוסקים בנושא הקשר הקוולנטי אצל תלמידי הכיתה.

מגרף 4ב' ניתן לראות כי כלל התלמידים מבצעי המשימה יצרו מפות המבוססות על קישוריות נכונה. יתרה מזאת 13 מתוך 19 מהתלמידים יצרו "מפות" בהן מידת הקישוריות הייתה רבה ונכונה (רביע 1), זו עלייה משמעותית מאוד בהשוואה למפות הקודמות שבהן מספר התלמידים ברביע 1 היה 6-7 תלמידים. יתרה מזאת ניתן לראות כי לא נמצאו תלמידים ברבעים 3 ו-4.

שאלת מחקר 3 - האם השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" יכול לשקף תפישות שגויות של תלמידים בפרק העוסק במבנה האטום?

מניתוח מפות המושגים בשלבים השונים של ההתערבות ניתן היה להבחין בקישורים שגויים שחזרו אצל מספר תלמידים ושיקפו תפישה שגויה שרווחה בקרב התלמידים.

1. מניתוח מפות המושגים שנבנו כתשובה לשאלה בבחינה בלט קישור שגוי בין המושגים "אטום-אלקטרוני" שחזר אצל מספר רב של תלמידים. להן מספר דוגמאות לקישורים שהציגו תלמידים:

" רוב האטום בנוי מענן אלקטרוני ובו נמצאים האלקטרוני "

" האלקטרוני באטום נעים בענן האלקטרוני אך יש הסתברות גבוהה שנמצא אותם מסודרים ברמות האנרגיה שלהם" .

" מסביב לגרעין האטום יש ענן אלקטרוני ושם יש אלקטרוני "

" בתוך האטום קיימים מספר אלקטרוני הנעים התוך ענן אלקטרוני "

קישורים אלו מצביעים על תפיסה שגויה של מודל האטום, ומדגישים מודל מחשבתי שגוי שיצרו התלמידים לעצמם, מודל בו הם "מציירים" להם "ענן" ובתוכו משובצים אלקטרוני, ומתקשים לקבלת המודל המופשט של תנועת האלקטרוני האקראית סביב גרעין האטום המשולה ל"ענן".

2. מניתוח מפות המושגים שכותרתן "אנרגיית יינון" בלט קישור שגוי בין המושגים "כוח משיכה-חוק קולון" שחזר אצל מספר תלמידים. להלן מספר דוגמאות לקישורים שהציגו תלמידים:

"באטום יש כוחות משיכה רבים אחד מכוחות המשיכה הוא חוק קולון".

"אחד מכוחות המשיכה הפועלים באטום הוא חוק קולון".

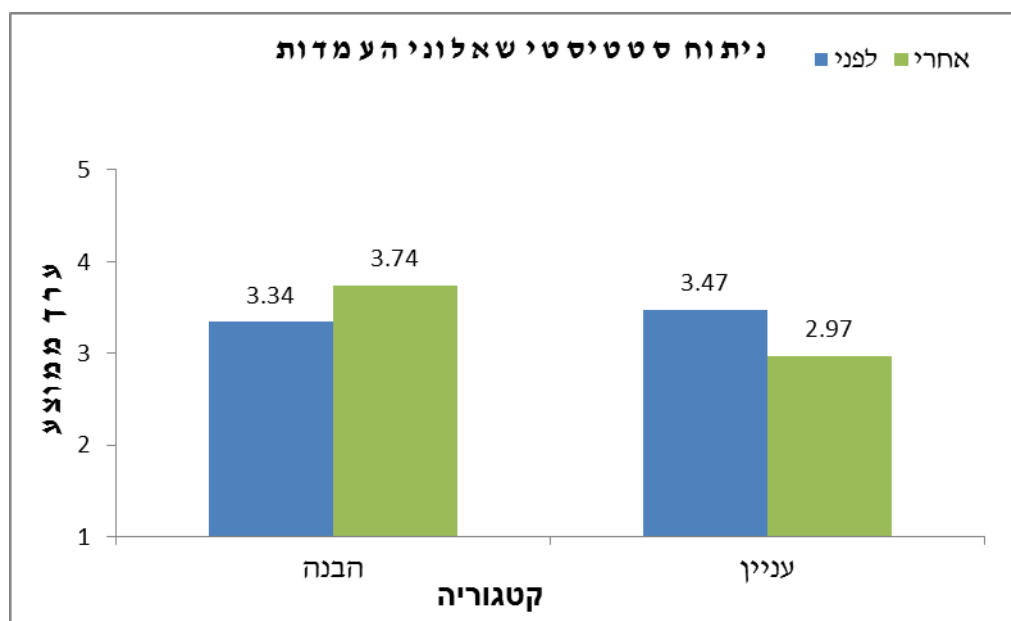
קישורים אלו מצביעים על תפישה שגויה המיוחסת לחוק קולון כאל אחד מהכוחות הפועלים באטום ולא כאל נוסחה אשר נותנת היבט כמותי לכוחות הפועלים בין שני גופים טעונים.

שאלת מחקר 4- כיצד השימוש בכלי הוראה מסוג "מפת מושגים" השפיע על תפישת התלמידים את לימודי הכימיה?

במהלך הפעילות שהועברה לתלמידים נתבקשו התלמידים למלא שאלוני עמדות, לפני (pre) ואחרי (post) השאלונים בדקו את עמדות התלמידים ביחס לקטגוריות "הבנה" ו"עניין" בלימוד כימיה לפני ואחרי ההתנסות בניית מפות מושגים.

השאלונים נותחו באופן סטטיסטי בעזרת מבחן T- ("T-TEST") ואלו הן התוצאות:

קטגוריה	ערך ממוצע		ערך p (מדד למובהקות)
"הבנה"	לפני	אחרי	0.000517
	3.34	3.74	
"עניין"	לפני	אחרי	0.007819
	3.47	2.97	



ניתן לראות באופן מובהק כי ישנה עלייה ביחס לעמדת התלמידים בהתייחס לקטגורית "הבנה", לאחר ההתנסות ושילוב הלמידה עם כלי ההוראה "מפת מושגים".

מאידך, ניתן לראות באופן מובהק כי "העניין" שמגלים התלמידים בשילוב הלמידה עם כלי הוראה "מפת מושגים" ירד בהשוואה לעמדתם לפני ההתערבות.

מתוך הראיונות עם התלמידים בולטת מאוד עמדתם והערכתם ל"מפת מושגים" ככלי אשר עזר להם בהבנת המושגים והקשר ביניהם. להלן מספר דוגמאות:

תלמיד מספר 15: "מבינים הרבה יותר טוב את החומר, זה מעין סיכום פשוט שקל יותר לראות אותו, כשזה רשום בתור פסקה אתה מסתכל על זה נהיה לך שחור. אבל שאתה רואה את זה ככה, אתה באמת יכול להבין איך זה קשור לשני ולהבין את המושגים דרך מושגים אחרים".

תלמיד מספר 9: "זה אחלה של מבט כללי על מה שעשינו עד עכשיו, זה מסדר את הכול בצורה מעולה. וזה נותן סדר וארגון של כל דבר שעברנו עליו, והסבר על כל דבר בצורה הכי פשוטה שיש ובגלל שאתה עושה את זה נכנס לראש בצורה הכי טובה".

תלמיד מספר 13: "פעם ראשונה שעשינו את המפה הזו זה ממש סידר לי מחשבות, היה לי די מבולגן בראש לפני המפה הראשונה שעשינו, עכשיו זה קל יותר".

בהתייחס לירידה ב"עניין" ניתן לזהות מתוך הריאיון עם תלמיד מספר 3 הסבר מסוים:

תלמיד מספר 3: "בפעם הראשונה זה היה מוזר, לא נתקלתי במטלה כזו בעבר. בהמשך אני הרגשתי שאני די חוזר על אותם מושגים, ורק מוסיף פה ושם מושג חדש שיתקשר לנושא החדש".

"המטלה מבחינתי לא ממש מאתגרת כשהיא חזרה על מה שלמדנו, ניתן לאתגר את המשימה: ככלי ללמוד חומר חדש – לתת מחסן מושגים ולמצוא את הקישוריות ביניהם"

שאלת מחקר 5 - האם וכיצד תלמידים שלמדו בעזרת כלי הוראה מסוג "מפת מושגים", מסוגלים לבצע העברה של כלי זה גם לפרקים אחרים בלימודי הכימיה?

מניתוח מפת המושגים האחרונה "הקשר הקוולנטי", ניתן להסיק כי התלמידים לאורך ההתערבות פיתחו מיומנות והבנה טובה יותר של השימוש בכלי ההוראה, "מפת מושגים", והצליחו לבצע המרה של הכלי בצורה טובה גם לתוכן אחר בכימיה – הקשר הקוולנטי, כפי שבה לידי ביטוי בגרפים 4א' ו-4ב'. המשימה לבניית מפת המושגים שכותרתה "הקשר הקוולנטי", התבצעה במרחק זמן מבניית המפות הקודמות כיוון שלאחר סיום הוראת הפרק "מבנה האטום", התלמידים למדו את הנושאים "סריג מתכתי" ו"סריגים יונים", במהלך תהליך הלמידה של נושאים אלו לא נעשה שימוש במפת מושגים.

מתוך ראיונות עם התלמידים, בתשובתם לשאלה: האם ניתן לעשות שימוש בכלי זה גם למקצועות אחרים?

התקבלו התשובות:

תלמיד מספר 3: "במקצועות מדעים כן, כי יש הרבה מושגים, היסטוריה אולי בצורה עקיפה, במקצועות אחרים אין כל כך הרבה מושגים וקשרים ביניהם".

תלמיד מספר 9: "זה אחלה שיטה בכללי לכל דבר, לעבור על דברים ולסדר אותם בראש. אבל יש מקצועות שזה פחות מתאים להם כמו מקצועות הומניים שם זה נראה לי פחות מתאים".

תלמיד מספר 15: "אני רואה את זה כמו תרשים זרימה שמסכם את כל החומר ויכול לעזור לי גם בבילוגיה וביוטכנולוגיה.

מתשובות התלמידים ניכר כי גם ברמת התחושה התלמידים מעריכים את הכלי כי ניתן להמרה גם למקצועות אחרים בעיקר מדעים. תשובתו של תלמיד מספר 3: "[...] במקצועות

אחרים אין כל כך הרבה מושגים וקשרים ביניהם", מעצימה את החשיבות והצורך ליצור ולטפח קישוריות בין מושגים הנלמדים, כי תלמידים לא עושים זאת לבד.

ממצאים נוספים:

מתוך הראיונות עם התלמידים ניתן להוסיף את הממצאים הבאים:

1. כל התלמידים שהשתתפו בראיונות העידו כי לא היה להם ניסיון קודם בבניית מפת מושגים מסוג כלשהו בשנים קודמות.

2. בהתייחס לתהליכי הלמידה המתרחשים במהלך בניית מפות המושגים ניתן היה לזהות שני תפוסי התנהגות: היו תלמידים שטענו כי בשלב ראשון בתהליך בניית המפה הם יוצרים להם רשימה של מושגים רלוונטיים לתוכן המפה, תוך כדי האיתור הם כבר חושבים על קישוריות בין המושגים. היה תלמיד שטען שהוא רושם באמצע הדף מושג מרכזי אליו מחבר בקו מושגים הקשורים אליו ואז על שלד המפה שקיבל מתחיל להוסיף את משפטי הקישור המתאימים בין המושגים. כולם ציינו כי כאשר שהם נתקלים בקושי בניית המפה, מושג לא ברור, קושי ליצור משפט מקשר, הם נעזרים במחברת/ ספר הלימוד וגם במקורות אינטרנטיים.

3. התלמידים ציינו כי כאשר ניתנת המשימה לבניית מפת מושגים הם מרגישים: "קשה", "מבאס", "מאתגר" אחרי שהם מצליחים לבנות את מפת המושגים ציינו התלמידים תחושת הקלה, סיפוק.

"הקלה, בתחילת המטלה זה נראה לי מסובך ליצור את הקשרים והכל, ואז שאני מסיים ויצא לי טוב, זה סוג של הקלה, סיימתי וראיתי שאני מסוגל".

"בהתחלה זה היה קשה, היה מעיק אבל כבר עשינו 4-5 מפות אז זה יותר רץ ונכול שמתקדמים אנו גם ככה חוזרים על החומר כל פעם, כי בכימיה זה בעצם מתקשר כל הזמן לחומר הקודם".

"באסה, כי אתה באמת צריך להבין את החומר- זה מכריח אותך להבין את החומר עד הסוף".

4. כל התלמידים למעט אחד ציינו כי בניית מפות המושגים תרמו וסייעו להם להבנת החומר הנלמד:

"אני בנית את מפת המושגים האחרונה (חומרים מולקולריים) כחזרה למבחן וזה עזר, לא הייתי סגורה לגבי מושגים מסוימים כמו אלקטרו שליליות אז בדקתי את ההגדרה שלהם בשביל מפת המושגים אז עכשיו אני יודעת אותם וזה עזר".

"אי אפשר לעשות את המפה הזו בלי שאתה מבין את החומר לגמרי עד הסוף".

”שבוע לפני מבחן בניתי את מפת המושגים, ופתאום הבנתי שאני מבינה את החומר, ורואים תוצאות: הצלחתי במבחן בגדול. כשיצאה לי מפת מושגים גרועה קבלתי ציון גרוע במבחן, כשיצאה לי מפת מושגים טובה הצלחתי במבחן.

6. דיון בתוצאות

עבודת המחקר הנוכחית בדקה האם וכיצד שילוב כלי ההוראה מסוג "מפת מושגים" תומך בלמידה משמעותית של הנושאים והמושגים בנושא "מבנה האטום" בקרב תלמידי כיתה י'. לשם כך נותחו חמש מפות חשיבה שנבנו על ידי 21 תלמידי כיתה י' הלומדים במגמת ביוטכנולוגיה ומרחיבים לבגרות ברמת 5 יחידות לימוד בכימיה, בשלבים שונים של ההוראה: מפה ראשונה- לאחר הוראת הנושא "גרעין האטום"⁴, מפה שנייה- לאחר הוראת הנושא "האלקטרונים באטום", מפה שלישית- נבנתה כתשובה לשאלה בבחינה בנושאים "גרעין האטום" ו"האלקטרונים באטום", מפה רביעית- לאחר הוראת הנושא "אנרגיית יינון" ומפה חמישית- לאחר הוראת הנושא "הקשר הקוולנטי". בנוסף לכך הושו עמדות התלמידים ביחס לתפישת הכימיה בדגש על קטגוריות "הבנה", ו"עניין" לפני ואחרי ההתנסות בבניית מפות מושגים בעזרת שאלוני העמדות שנותחו באמצעות מבחן-T, לבסוף קוימו ראיונות עם שתי קבוצות תלמידים.

ממצאי המחקר הראו כי בניית מפת המושגים הראשונה "גרעין האטום" הייתה משימה קשה לתלמידים, 20 המושגים שהתבקשו התלמידים ל"שבץ" בשלד מפה היררכי, היה מורכב לרוב התלמידים. ניתן להסיק מכך כי מספר המושגים היה גדול מדי למשימת הכרות ראשונה עם ה"כלי", בנוסף הכיתה לא הייתה "בשלה" עדיין לבניית מפה המדגישה גם ארגון היררכי של המושגים. התובנות שנבעו מכך הן צמצום מספר המושגים במפות הבאות, שימת דגש על הקישוריות בין המושגים, ולכן סוג המפות הבא היה מפת מושגים "עכבישית". ממצא זה תומך בטענתו של נובאק (1989) הממליץ בהתנסות ראשונית להתחיל במפות פשוטות המורכבות מ-10 מושגים, ואף בתובנות מחקרם של בוג'אד ואת'ח (2007), Nwani (2014).

מניתוח סדרת מפות המושגים (מפות 2-5), שהתלמידים יצרו בשלבים השונים של ההתערבות וממצאי המחקר הבאים לידי ביטוי בגרפים 1א'-4א', בלט בכל סדרת ה"מפות", כי אצל כ-90% מהתלמידים מספר הקישורים הנכונים היה גבוה ממספר הקישורים הדלים והשגויים. יתרה מזאת, במפה מספר 5-"הקשר הקוולנטי", המפה האחרונה שיצרו התלמידים במסגרת ההתערבות, נמצא כי אצל כל התלמידים מספר הקישורים הנכונים היה גבוה ממספר הקישורים השגויים והדלים, והסתמנה ירידה משמעותית במספר הקישורים הדלים והשגויים בהשוואה למפות הקודמות.

ממצאים אלו ניתן להסיק כי מידת ההבנה של רוב התלמידים הייתה טובה ביחס למושגים והתכנים שהוצגו במפות.

ממצאי המחקר הבאים לידי ביטוי בגרפים 2ב'-4ב', בלט כי בסדרת המפות 2-4, רוב מפות המושגים, כ-85%, הוערכו ברביע 1 ו-2 ("קישוריות רבה ובעיקרה נכונה", "קישוריות מועטה ובעיקרה נכונה", בהתאמה). נתון נוסף שבלט במפות אלו היה התפלגות ה"מפות" בין הרביעים 1 ו-2, התפלגות שהייתה ביחס של 1:1. תלמידים בודדים נמצאו ברביעים 3 ו-4, בהם

⁴ מפה זו הוערכה באופן איכותי בלבד, וממנה התקבלו תובנות להמשך ההתערבות.

נמצאו מפות שעיקר הקישוריות בהן הייתה שגויה (חשוב לציין כי לא בכל מפה היו אלו אותם תלמידים).

במפה האחרונה שיצרו התלמידים "הקשר הקולנטי", ניכר שיפור ברמת המפות שיצרו התלמידים, כל המפות שיצרו התלמידים הוערכו ברביעים 1 ו-2, בציון מעל 80. מתוכם 70% הוערכו ברביע מספר 1 (ברביע זה מוערכות מפות המדגישות קישוריות רבה ובעיקרה נכונה, השאיפה הייתה כי מספר המפות שיוערכו ברביע זה יגדל עם התקדמות הלמידה).

ממצאים ומסקנות אלו מאששים את השערות המחקר 1 ו-2, כי השימוש "במפת מושגים" משקף את מידת ההבנה של התלמידים, ותומך בתלמידים ביצירת קישוריות בין מושגים. ממצאים אלו תומכים בתאוריית הלמידה של נובאק (2010), המדגישה כי למידה משמעותית תתרחש כאשר הלומד נוטל חלק אקטיבי בתהליך הלמידה, וברציונל שהנחה אותו ואת עמיתיו בפיתוחה של "מפת מושגים" ככלי המזמן קישוריות בין מושגים חדשים למושגים קודמים הנמצאים במבנה הדעת של הלומד.

מניתוח הקישורים שהציגו התלמידים במפה השלישית - "שאלה בבחינה", ובמפה הרביעית - "אנרגיית יינון" בלטו מספר קישורים שגויים שחזרו על עצמם אצל מספר תלמידים, ואשר שיקפו תפיסות שגויות שרווחו בקרב התלמידים. ממצאים אלו מאששים את השערת המחקר מספר 3, ותומכים בטענתם של נובאק ומוסונדה (Novak & Musonda, 1991) כי כלי ההוראה מסוג "מפות מושגים" תומך באיתור תפיסות שגויות אצל תלמידים.

מניתוח הקישורים השגויים שהציגו התלמידים במפה 4 - בלטה תפיסה שגויה ביחס למושג "חוק קולון". במפה 3, בלטה תפיסה שגויה שהתייחסה ל"אלקטרונים באטום", המודל המחשבתי ש"יצרו" להם התלמידים היה של ענן ובו משובצים אלקטרונים. ממצא זה תומך בדבריה של יחיאלי (2010), אשר גורסת כי אחת הסיבות ליצירתן של תפיסות שגויות נובע לעיתים קרובות מכך שלמונח מסוים יש משמעות שונה בשפת היומיום ובשפה המדעית. במקרה המתואר התלמידים יצרו הקבלה שגויה בין המושג "ענן גשם", המוכר להם מחיי היומיום למושג "ענן אלקטרונים". ממצא זה אף תומך בפרסומו של אמרפילי פורי (Aamarpli Puri, 2014) המציג תפיסות שגויות של תלמידים ביחס למושגים אטום ומולקולה וביניהם תפיסה שגויה של המושג "ענן אלקטרונים".

ממצאי המחקר שהתקבלו מניתוח "שאלוני העמדות" אותם מילאו התלמידים "לפני" ו"אחרי" ההתנסות בבניית מפות המושגים, נמצא באופן מובהק ($p=0.00517$) עלייה בעמדתם של התלמידים ביחס לקטגוריית "ההבנה" לאחר התנסות בבניית מפת מושגים. ממצא זה תומך בנובאק (2010) המציג את הכלי "מפת מושגים" ככלי התומך ביצירת קישוריות בין מושגים וככזה תומך בלמידה משמעותית כפי שבאה לידי ביטוי בתאוריית הלמידה של אוזובל ועמיתיו (1978) אשר נובאק הושפע ממנה מאוד.

עוד נמצא כי "העניין" שגילו התלמידים בלמידת כימיה בשילוב מפת מושגים ירד באופן מובהק ($p=0.007819$) בהשוואה לעמדתם לפני ההתנסות בבניית מפת מושגים. הסבר אפשרי

לממצא ניתן למצוא מ"אופי המשימות". המשימות לבניית מפות מושגים שניתנו היו חד-גוניות. כולן, ניתנו כמשימת "סיכום נושא". יתכן כי שילוב הכלי במשימות בעלות אופי מגוון כגון בהבניית נושא חדש (ניתן למצוא לכך חיזוק בראיונות עם תלמיד מספר 3) או בניתוח שגיאות של תלמידים, היה גורם לעניין רב יותר בקרב התלמידים. ממצאים אלו מאששים את עם השערת מחקר מספר 4 - כי שילוב של מפת מושגים ישפיע על עמדות התלמידים ביחס למקצוע הכימיה.

הממצאים שהתקבלו מניתוח מפת מושגים "הקשר הקוולנטי", המפה האחרונה שיצרו התלמידים במהלך בהתערבות. העידו על שיפור ב"רמת" המפות שיצרו התלמידים: מספר המושגים שבחרו להציג גדל, מספר הקישורים השגויים והדלים ירד בהשוואה למפות הקודמות, המפות הוערכו בציונים גבוהים, מעל 80 דבר המעיד על בניית מפות שהתאפיינו בעיקר בקישורים נכונים.

ממצא זה תומך בממצאי מחקרם של בוגיאד ואת' (Boujaoude & Attieh, 2007) ושל מק'לור, סונאק וסואן (McClure, Sonak & Suen, 1999), אשר מצאו כי כדי שתלמידים יצרו מפות מושגים "עשירות" בתוכן מדעי נכון, נדרש זמן, תהליך של "אימון" ופיתוח מיומנות שימוש בכלי. מפת המושגים "הקשר הקוולנטי" הייתה המפה האחרונה בסדרת המפות שבנו התלמידים, ואכן עד לשלב זה צברו התלמידים מיומנות מסוימת בבניית מפות מושגים בפרק שעסק ב"מבנה האטום", דבר שאפשר להם העברה של הכלי גם לפרק העוסק בחומרים מולקולריים. ממצא זה מאשש את השערה מספר 5, כי תלמידים שלמדו בעזרת כלי ההוראה מסוג "מפת מושגים" בפרק העוסק במבנה האטום יהיו מסוגלים לבצע ההעברה של כלי זה גם לפרקים אחרים בלימודי הכימיה.

מהממצאים שנאספו בראיונות עם התלמידים, ביטאו התלמידים תחושות של קושי ואי-נוחות כאשר הם מקבלים מטלה לבניית מפת מושגים. תלמידים ציינו מילים כגון "באסה", "קשה", "מאתגר". מאידך, לאחר שהם מצליחים ומסיימים את בניית המפה הביעו התלמידים תחושות של הקלה וסיפוק. ממצא זה תומך בטענתו של נובאק (1989) כי חיפוש אחר הבנה עמוקה הוא תהליך ארוך שמלווה מצד אחד בכאב, חרדה ובלבול, ומנגד בשמחה והתרגשות כאשר משמעויות חדשות נרכשות.

ממחקר זה ומתוצאותיו בולטת חשיבות תפקידו כמורים, לאפשר לתלמידים סביבה התומכת בלמידה משמעותית, למידה המבוססת על הבנה עמוקה, כזו שתתמוך ותאפשר לתלמיד כלים לפתרון בעיות לא רק כאן ועכשיו אלא לאורך זמן. ממצאי מחקר זה מעידים כי השימוש בכלי הוראה מסוג מפת מושגים יכול לתת מענה טוב מאוד למטרות אלו. הכלי זמין לכל מורה ולכל נושא, מעודד למידה אקטיבית של הלומד אשר לאורך זמן לומד גם להעריכו. מקצועות מדעיים ככלל ובפרט מקצוע הכימיה נתפס כמקצוע קשה לתלמידים. מקצוע זה עמוס בתכנים, מכיל מושגים רבים ומופשטים, מצריך התמודדות עם רמות הבנה שונות של החומר, עוסק בסדרי גודל שקשים להפנמה, בנוסף לאלו מתקשים תלמידים לראות את הקשר בין תכנים שונים הנלמדים בכיתה, ומתייחסים לכל פרק כ"ישות" נפרדת, כל אלו

מצריכים מהמורה כלים אשר יאפשרו לאבחן מה הידע עמו מגיע הלומד, שיקוף עקבי לאורך תהליך הלמידה, כיצד מבנה הלומד את התכנים במבנה הדעת שלו, ולעודד אותו ליצור קישוריות בין התכנים הנלמדים. כל אלו יכולים לקבל מענה טוב מאוד בעזרת הכלי "מפת מושגים". בנוסף, חשוב מאוד לתת זמן ללמידת הכלי על ידי התלמידים, בניית מפת מושגים מצריכה מהתלמיד חשיבה מסדר גבוה, זהו תהליך המצריך מיומנות ותרגול רב, וחשוב לקחת זאת בחשבון ולא למהר להשתמש במפות להערכת תלמידים, אלא למטרת אבחון וטיפול חשיבה קישורית.

7. מקורות מידע

- הרפז, י. (2014), תנאים ללמידה משמעותית. הד החינוך, פ"ח, 04, ע"מ 40-45.
- יחיאלי, ת. (2010), "המורה, למה כתוב בספר שבמאזניים מודדים מסה-הרי במאזניים שוקלים!". קריאת ביניים, 16, ע"מ 9-20.
- יחיאלי, ת. (2014), מהי למידה משמעותית? האם הוראה פרונטלית יכולה להיות משמעותית? קריאת ביניים, 22-23, ע"מ 33-45.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1978). Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Edition). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Aamarpali, P. (2014). Chemistry Misconceptions. Concept Research Foundation, ?
- Boujaoude, S. & Attieh, M. (2008). The Effect of Using Concept Maps as Study Tools on Achievement in Chemistry. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 4, 233-246
- Carter, S. & Brickhouse, N. (1989). What makes chemistry difficult? Journal of Chemical Education, 66, 223-225.
- Feyman, R.P. (2011). Six Easy Pieces: Essentials of Physics By Its Most Brilliant Teacher. New York: Basic Books.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. International Journal of Science Education, 28(9), 957-976.
- Griffiths, A.K. & Preston, K.R. (1992). Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atom and Molecules. Journal of Research in Science Teaching, 29, 6, 611-628
- Johnstone, A.H. (1982). Macro- and Micro- Chemistry. School Science Review, 64, (227), 377-379.
- Levy-Nahum, T., Hofstein, A., Mamlok-Namaan, R., & Bar-Dov, Z. (2004). Can Final Examinations Amplify Students' Misconceptions In Chemistry? Chemistry Education and Practice, 5, 3, 301-325

McClure, J.R., Sonak, B., & Suen, H.K. (1999). Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality, 36, 4, 475-492.

Moyses, D.D., Rivet, J.L., & Fahlman, B.D. (2010). Using Concept Maps To Teach a Nanotechnology Survey Short Course. Journal of Chemical Education, 87, 3, 285-290

Nakhleh, M. (1992). Why Some Students don't learn Chemistry: Chemical Misconceptions. Journal of Chemical Education, 69, 191-196.

Novak, J.D. (2010). Learning, Creating and Using Knowledge. New York and London: Taylor and Francis Group.

Novak, J.D. (2010). Learning, Creating and Using Knowledge: Concept maps, as facilitative tools in school and corporations. Journal of e-Learning and Knowledge Society, 6, 21-30.

Novak, J.D. (1989). Helping Student Learn How to Learn: A view From A Teacher-Researcher.

Novak, J.D., & Cañas, A.J. (2006). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Technical Report IHMC Cmap Tool.

Novak, J.D., & Gowin, D.R. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.

Novak, J.D., Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. American Educational Research Journal, 28, 117-153.

Nwani, P.O. (2014). Using Concept Maps in Teaching Chemistry in the Classroom. Creating Minds and Productivity, 1, 1-9

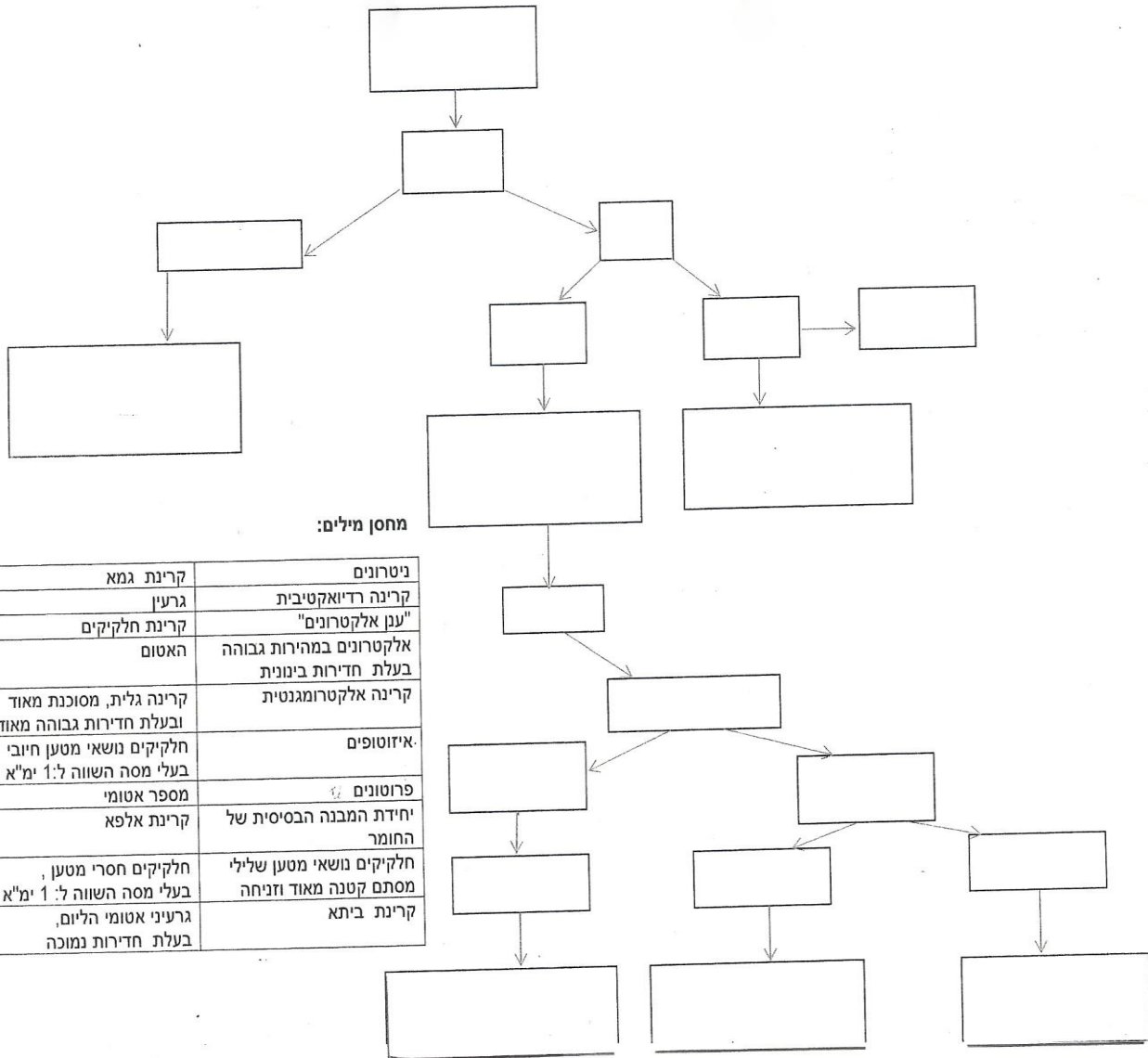
Ozdmir, A.S. (2005). Analyzing Concept Maps as an Assessment (Evaluation) Tool in Teaching Mathematics. Journal of Social Sciences, 1 (3), 141-149.

מקור אינטרנטי:

<http://kabayim.com/conceptmap.htm>

8. נספחים

נספח 1: דף פעילות לבניית מפת מושגים בנושא "גרעין האטום".



נספח 2 : דוגמאות למפת מושגים שנייה- "האלקטרוניס באטום".

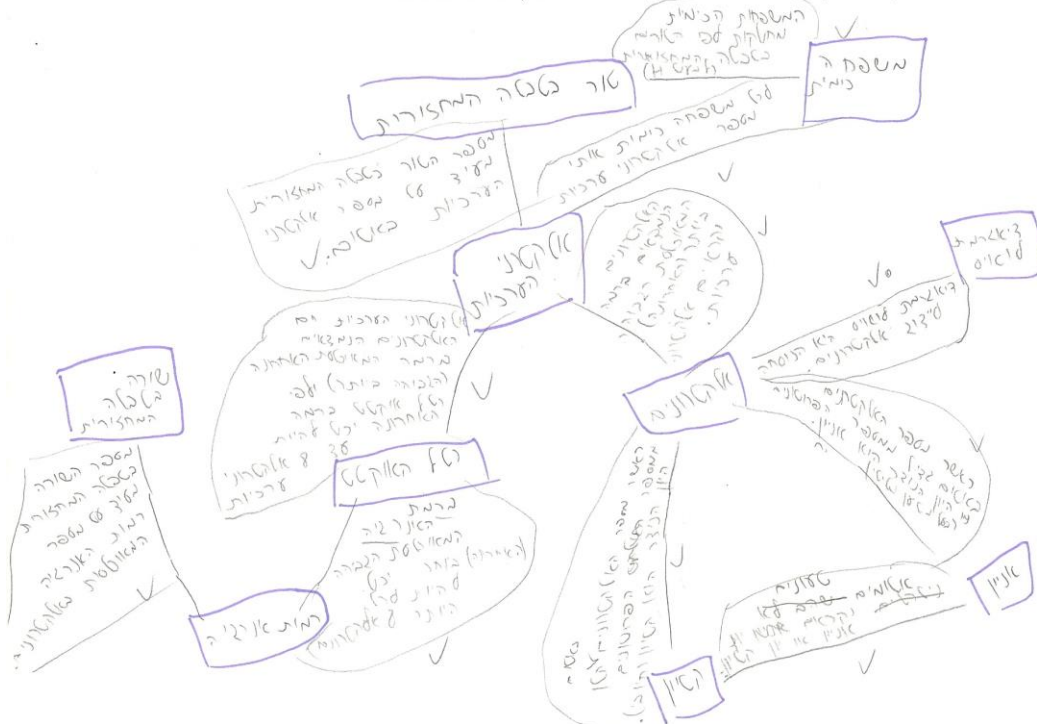
שם התלמיד:

האלקטרוניס באטום

מחסן מושגים: רמות אנרגיה, משפחה כימית, כלל האוקטט, אלקטרונים, טור בטבלה המחזורית, שורה בטבלה המחזורית,

דיאגרמת לואיס, אלקטרוני ערכיות, אניון, קטיון.

השתמשו במחסן המושגים ובנו **מפת מושגים** הקושרת בין המושגים השונים, הקפידו על יצירת **קישורים נכונים**.



מפה זו נבנתה על ידי תלמיד מספר 10 – תלמידה ברמה לימודית טובה

שם התלמיד:

האלקטרוניקס באטום

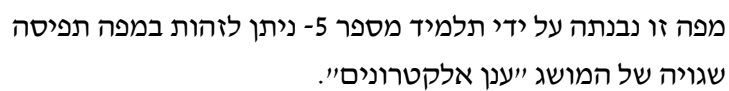
מחסן מושגים: רמות אנרגיה, משפחה כימית, כלל האוקטט, אלקטרוניקס, טור בטבלה המחזורית, שורה בטבלה המחזורית, דיאגרמת לואיס, אלקטרוני ערכיות, אניון, קטיון.

השתמשו במחסן המושגים ובנו **מפת מושגים** הקושרת בין המושגים השונים, הקפידו על יצירת **קישורים נכונים**.

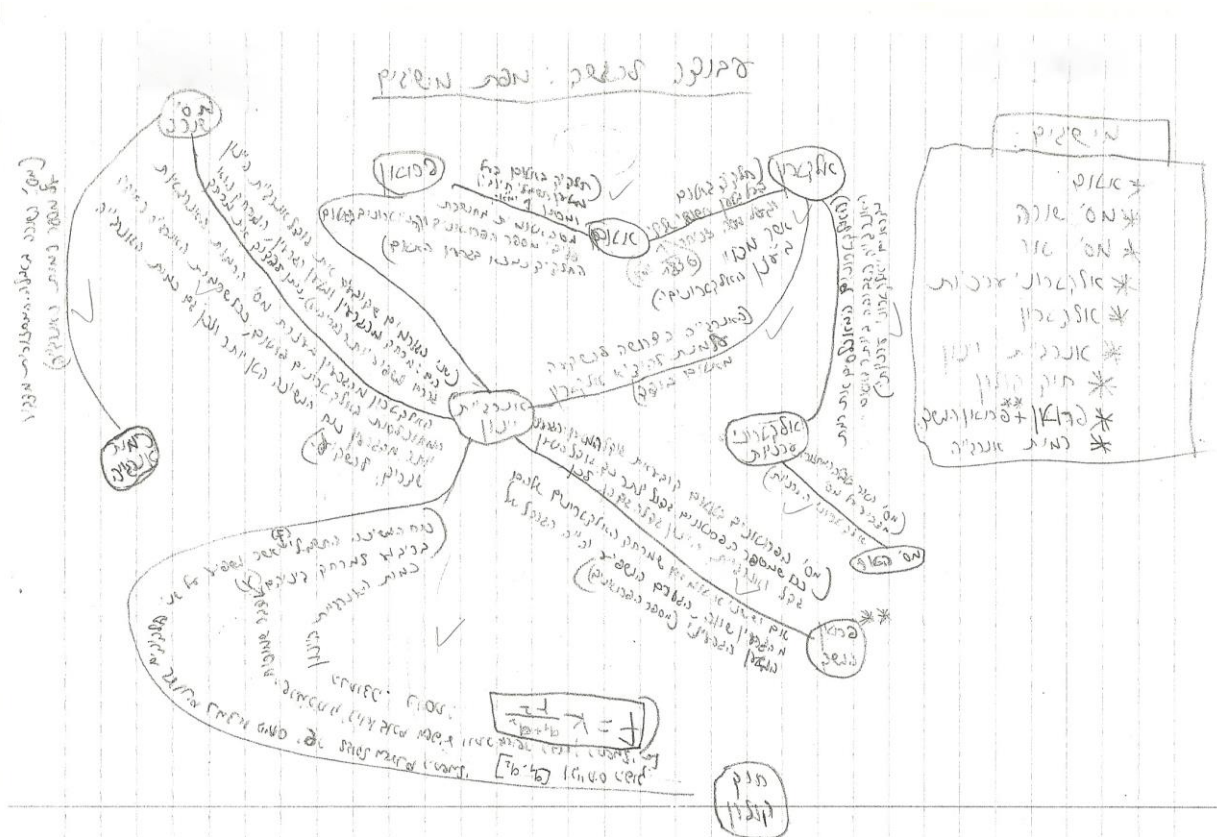
רשמיטק י.ש. י.א.
אלקטרוניקס נפחיות י.ש.
י"ן א.נ.י.
כשכאמא י.ש. א.מ.
אלקטרוניקס נפחיות י.ש.
י.ש. י"ן א.נ.י.



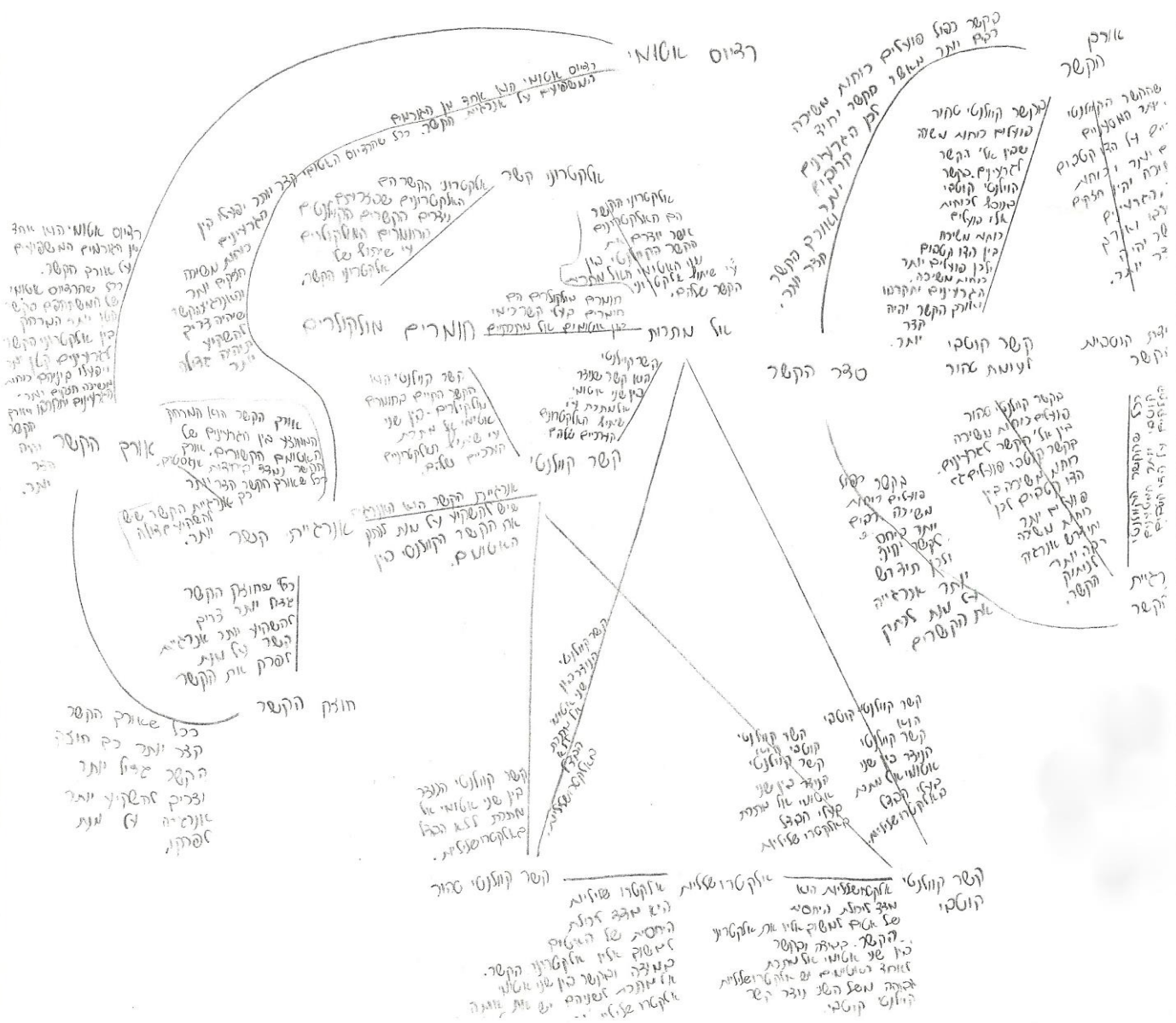
מפה זו נבנתה על ידי תלמיד 15- תלמידה אשר בתחילת ההתערבות גילתה קושי בהתמודדות עם המשימה, והישגיה הלימודים היו נמוכים מאוד. עם ההתנסות בבניית מפות נוספות, חלה התקדמות משמעותית ברמת המפות שיצרה ובהישגיה הלימודים. ראה להשוואה מפה שבנתה בנספח 5. בראיון עם התלמידה היא הדגישה את השינוי בהישגיה כתוצר הנמצא בהתאמה לרמת המפות שבנתה.



נספח 4 : דוגמאות למפת מושגים רביעית- "אנרגיית יינון".



מפה שנבנתה על ידי תלמיד מספר 9- תלמיד שהציג רמת הבנה טובה מאוד של המושגים בנושא "אנרגיית יינון", אך הישגיו במבחנים "המסורתיים בינוניים".



מפה זו נבנתה על ידי תלמיד מספר 16- תלמידה ברמה לימודית טובה מאוד

i. שאלון – pre "ללמוד כימיה זה"

ii. שאלון – post ללמוד כימיה בשילוב "מפת מושגים" זה.

ללמוד כימיה זה

	5	4	3	2	1		
1						לא ברור	ברור
2						מהנה	לא מהנה
3						משעמם	מעניין
4						ללמוד מושגים מנותקים שאין ביניהם קשר	ללמוד מושגים שקשורים אחד לשני
5						קשה להבנה	קל להבנה
6						לא מספק תשובות לשאלות שמעניינות אותי	מספק הזדמנויות לקבל תשובות לשאלות שלי
7						גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש	לא גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש
8						כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה	הלמידה נעשית באותה דרך בכל השיעורים
9						מלמד כיצד לארגן את הידע שלי	לא מלמד כיצד לארגן את הידע שלי
10						מרחיב את האופקים שלי	לא משפיע על הרחבת האופקים שלי
11						חשיבה לא מאורגנת	חשיבה מאורגנת
12						מעורר רצון להמשיך ללמוד בצורה כזו	הייתי רוצה ללמוד כימיה בצורה אחרת
13						פשוט מידי	מאתגר
14						כולל פעילויות המסייעות לי להבנה ולקישור בין נושאים	הלמידה נעשית בדרך שאינה תומכת בי לקשר בין נושאים שונים

תודה רבה על שיתוף הפעולה !!

ללמוד כימיה בשילוב "מפת מושגים" זה

	5	4	3	2	1		
1						לא ברור	ברור
2						מהנה	לא מהנה
3						משעמם	מעניין
4						ללמוד מושגים מנותקים שאין ביניהם קשר	ללמוד מושגים שקשורים אחד לשני
5						קשה להבנה	קל להבנה
6						לא מספק תשובות לשאלות שמעניינות אותי	מספק הזדמנויות לקבל תשובות לשאלות שלי
7						גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש	לא גורם לי ליצור קשר בין ידע קודם לידע חדש
8						כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה	הלמידה נעשית באותה דרך בכל השיעורים
9						מלמד כיצד לארגן את הידע שלי	לא מלמד כיצד לארגן את הידע שלי
10						מרחיב את האופקים שלי	לא משפיע על הרחבת האופקים שלי
11						חשיבה לא מאורגנת	חשיבה מאורגנת
12						מעורר רצון להמשיך ללמוד בצורה כזו	הייתי רוצה ללמוד כימיה בצורה אחרת
13						פשוט מידי	מאתגר
14						כולל פעילויות המסייעות לי להבנה ולקישור בין נושאים	הלמידה נעשית בדרך שאינה תומכת בי לקשר בין נושאים שונים

תודה רבה על שיתוף הפעולה!!