

תכנית "רוטשילד-ויצמן למצויינות בהוראת המדעים" - מכון ויצמן למדע  
במימונה של קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד

## עבודת גמר

### נושא המחקר

הוראת המבנה החלקיקי באמצעות קונפליקט קוגניטיבי,  
במטרה לשנות תפיסות קודמות של הנושא



מגישה: בת שבע צוק-רון  
ת.ז: 57772790  
מנחה: פרופ' רון בלונדר

ג' באב תשע"ו - 07/08/2016

**תוכן עיניינים**

1. תקציר ..... 3

2. מבוא ..... 4

3. רקע מדעי ופדגוגי ..... 9

4. מטרת העבודה ..... 11

5. תיאור הפעילות ..... 11

6. שיטות המחקר ..... 15

7. תוצאות ..... 17

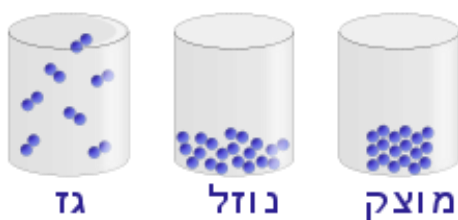
8. דיון ומסקנות ..... 20

9. השלכות להוראה ..... 20

10. בנימה אישית ..... 21

11. רשימת מקורות מידע ..... 22

12. נספחים ..... 23



**1. תקציר**

אנו חיים בעולם המכיל מגוון עצום של חומרים הבנויים מאטומי יסודות היוצרים ביניהם קשרים וצירופים שונים. כבר בעת העתיקה עסקו פילוסופים בשאלת מבנה החומר, הרכבו ומהותו. הפילוסוף היווני דמוקריטוס, שנולד לערך בשנת 460 לפנה"ס, טען שכל החומרים בעולם מורכבים מחלקיקים יסודיים ובלתי נראים לעין. דמוקריטוס העניק להם את השם "אטומים". מתנגדיו הרבים דגלו בתיאוריית ארבעת היסודות וסברו שהחומרים בעולם מורכבים מארבעת היסודות הבאים: אוויר, מים, אדמה ואש. בשל המתנגדים הרבים נותרה התיאוריה האטומית של דמוקריטוס רדומה למעלה מ-2,000 שנה. תהליך השתרשותו של מודל החלקיקים של החומר בקהילת המדענים לא התרחש כתהליך רצוף של התקדמות מדעית. התהליך היה ארוך ומפותל וכלל לעתים גם נסיגות וזמניות לתפיסות שקודם לכן נחשבו מוטעות. בתהליך היו מעורבים גורמים קוגניטיביים, רגשיים וחברתיים. המדע של חומרים נלמד בחטיבת ביניים ברמות שונות. בכתה ז' פותחים את לימודי המדעים בנושא "מהוא החומר?". בכדי לענות על שאלה זו, מאפיינים תחילה את החומר, לומדים את תכונותיו ולבסוף לומדים את מבנה החומר. מאפייני החומר ותכונותיו נלמדים ברמת המאקרו כך שיהיה מוחשי וניתן להבנה ע"י תלמידים בכתה ז'. נושא מבנה החומר קשה יותר להבנה כיוון שמנוגד לתפיסה האינטואיטיבית שבעולם המוחשי. נושא זה עוסק בעולם המיקרו שממדיו הם ממדי הננומטר. ממדים אלו ניתנים לתפיסה רק באמצעות המחשה בסימולציות ובדימויים.

הבנת "המודל החלקיקי של החומר" דורשת שינוי תפיסתי אצל התלמידים. השינוי התפיסתי יכול להתרחש באמצעות שיטת הוראה שיוצרת קונפליקט קוגניטיבי. קונפליקט זה מתקבל על ידי יצירת חוסר שביעות רצון מתפיסת המושגים הקיימים, לעומת המושגים החדשים. בעבודה זו נבדקה למידה של התאוריה החלקיקית תוך יצירת קונפליקט קוגניטיבי שמטרתו להוביל לשינוי תפיסתי משמעותי. ההוראה והלמידה נעשתה באופן אינטראקטיבית מלווה בהדגמות שמטרתם לעורר קונפליקט קוגניטיבי. לדוגמה, התלמידים ציירו את החומר בשלושת מצבי הצבירה, ניסחו הסברים במבנה של טיעון וצפו בהדמיות המסבירות את התופעות הנצפות ברמת המיקרו. זאת, במטרה לגרום להם לרצות לארגן מחדש ולתקן את הרעיונות והמושגים שלהם בנושא.

**2. מבוא**

הנושא מבנה החומר עוסק בעולם המיקרו, העולם הלא נראה. תלמידים הלומדים את הנושא בפעם הראשונה מביאים איתם ידע, מושגים ותפישות מוקדמות. כדבריו של אוזובל שהדגיש את הטענה לפיה התלמיד אינו מגיע ללמידה כ"לוח חלק", אלא עם תפיסות מוקדמות. הוא הראשון שהדגיש את תפקידו וחשיבותו של הידע התכני הקודם והמסגרת המושגית שמביא עמו הלומד לתהליך הלמידה. אוזובל תמצת את גישתו במשפטים הבאים:

"לו היינו צריכים להעמיד את כל הפסיכולוגיה החינוכית על עיקרון אחד, היינו אומרים כך:

**קבע מה הלומד כבר יודע ולמד אותו בהתאם."**

ידע, מושגים ותפישות קודמות עלולים להיות שגויים. ולפי אוזובל, אם אדם הוא בעל ידע תכני-מושגי מתאים, הוא יוכל להטמיע בהצלחה את הידע החדש. אם הוא בעל ידע לא מתאים - אזי ידע זה עלול להיות מכשול ללמידה.

**קונסטרוקטיביזם:**

הקונסטרוקטיביזם הוא תיאורית למידה הטוענת כי ידע אינו מועבר לאדם אלא נבנה אצלו באופן ייחודי עם צביון מיוחד ללומד. זאת בעזרת תבניות ותהליכים המצויים כבר בהכרתו. לדוגמה, תלמיד אשר מגיע עם מטען ידע מוקדם ואמור ללמוד תכנים מדעיים רבים, עורר את השאלה כיצד משפיע הידע הקודם של הלומד על תהליך הלמידה ועל תוצאותיו? מתברר, שהלמידה מתבצעת תוך כדי מעורבותו ואחריותו של הלומד. ז'אן פיאז'ה (1898-1980) היה חוקר שתרם לחקר הלמידה ונחשב אבי התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית. פיאז'ה טען, כי למידת מושגים חדשים מתרחשת באחד משני תהליכים פסיכולוגיים: **אסימילציה (הטמעה) ואקומודציה (התאמה)**.

**אסימילציה** - כאשר אדם בעל מבנה הכרה מסויים (הכולל, בין היתר, מערכות מושגים ודרכי חשיבה) נפגש במידע "לימודי" חדש עבורו. במהלך הלמידה, התלמיד יפרש, יעבד, וייתן למידע החדש משמעות בעזרת "מבנה ההכרה" הקיים אצלו. הואיל והאדם איננו מגיע כ"לוח חלק" לתהליך הלמידה, הרי כל מה שקיים כבר בהכרתו לפני הלמידה, ישפיע על מה שיהיה קיים בהכרתו לאחר הלמידה. קיימות שלוש אפשרויות של אינטראקציה בין לומד כלשהו ומידע מדעי איתו הוא נפגש.

נדגים את שלושת האפשרויות כפי שהן מתייחסות לאחד ההיבטים של המודל החלקיקי: במהלך למידת המודל החלקיקי (לפי כל גישה שהיא), מובעת הטענה כי "ברוחים שבין חלקיקי האויר אין כל חומר ויש ריק". תלמידים שונים שייפגשו טענה זו, עשויים לפרש אותה באופן שונה בהתאם למשמעות שכל אחד מהם מייחס למושג "ריק".

**שלושת אפשרויות של האינטראקציה בין הלומד לבין טענה זו?**

1. במידה שיש ללומד את המסגרת המושגית המתאימה, אזי, תהליך האסימילציה יניב משמעות מקובלת של הידע המדעי "שקיים ריק בין החלקיקים". תלמיד שהקדיש מחשבה לנושא, ובנה לעצמו את התובנה שייתכנו בטבע מקומות ריקים ללא כל חומר, יסביר לעצמו את המשפט, "האויר בנוי מחלקיקים וביניהם ריק", באופן שהמשפט יקבל בהכרתו את המשמעות המדעית המקובלת.

2. במידה שיש ללומד מסגרת מושגית שאינה מתאימה, תהליך האסימילציה יניב ידע שיוגדר כ"תפיסה שגויה". אם המשמעות הקיימת בהכרתו למושג "ריק" איננה תואמת את המשמעות המדעית המקובלת של מושג זה, אזי, הוא יבין את המשפט "האוויר בנוי מחלקיקים וביניהם ריק" במשמעות השונה מהמשמעות המדעית המקובלת. לדוגמה: תלמיד החושב שלא ייתכן כלל מקום שהוא ריק מכל דבר (למשל כפי שחשב אריסטו), עשוי לפרש ולהבין את המשפט הנ"ל כטוען ש"בין החלקיקים אין חלקיקים, אבל יש גזים שונים, חיידיקים או אבק" - וזהו כמובן פירוש שאינו מתאים למשמעות המדעית המקובלת. התלמיד יוצא מתפיסה שגויה (מבחינת התפיסה המדעית המקובלת) ובונה לפיה תפיסה שגויה אחרת שכוללת את המידע ה"חדש" במשמעות "מעוותת".

3. במידה שללומד אין שום מסגרת מתאימה לעיבוד המידע איתו הוא נפגש (לדוגמה: אם הלומד לא יכול ליצור לעצמו שום משמעות למילה "ריק") אזי יתכנו שלוש אפשרויות:

- א. יצהיר שאינו מבין את משמעות המשפט.
- ב. יתעלם ממנו.
- ג. יבין אותו בצורה מכנית, כלומר יזכור את ההגדרה בעל פה ללא הבנתה.

ראינו, אם כן, שבתהליך האסימילציה, האדם מפרש את המידע איתו הוא נפגש, בעזרת מבנה ההכרה הקיים אצלו. בונה בתודעתו משמעות ייחודית (שיכולה להתאים למשמעות המדעית המקובלת ויכולה גם שלא להתאים לה). לעיתים, ירגיש אדם שהטמעה של מידע חדש באמצעות התפיסות והמושגים הקיימים אצלו לא מניב משמעות מספקת, או שהמשמעות שנוצרה נראית סותרת הבנות אחרות שיש לו.

הרגשת סתירה כזו יכולה להתעורר באדם הלומד בעצמו חומר חדש ומרגיש שאינו מבין את משמעותו. סתירה כזו עשויה להתעורר גם כתוצאה מתהליך הוראה. המורה עשוי להציג בפני הלומד את המשמעות המדעית המקובלת והלומד יבחין בכך שמשמעות זו שונה מהמשמעות שהוא בנה לעצמו. אנשים נוספים העשויים להבחין באי ההתאמה של התפיסות הם המורה ו/או חבריו לקבוצת הלמידה. במקרים כאלו יתעורר אצל הלומד צורך (קוגניטיבי ורגשי) לשנות את מערכת מושגיו ותפיסותיו, כדי שיוכל לפרש את המידע החדש בצורה שתתאים למשמעות המדעית המקובלת. שינוי זה, שמתרחש בתפיסות ובמושגים כך שיוכל להטמיע באופן מתאים את המידע המדעי החדש, מכונה בשם **אקומודציה**. חשוב לציין כי בעוד שתהליך האסימילציה שהוא תהליך טבעי וראשוני (ניתן לכנותו בשם "ברירת המחדל"), הוא אינו מחייב את הלומד להיות מודע לפעילות ההכרתית המתרחשת בראשו.

**תהליך האקומודציה (התאמה)**, הוא תהליך יותר פעיל. כדי לעבור תהליך התאמה, על הלומד להיות מודע לצורך שלו לעבור אותו, להחליט שאכן הוא מעוניין לעבור את התהליך, ואף להגדיר לעצמו ולמורה מה צריך לקרה כדי שיעבור את התהליך. במהלך הוראה, רצוי שהמורה יהיה מודע לכך, שכדי ללמוד את המשמעות המדעית המקובלת של המושג הנלמד בכיתה, על התלמידים לעבור תהליך של התאמה. זאת, משום שמערכת התפיסות והמושגים הקיימת אצלם מראש, איננה מתאימה להטמעה מוצלחת של החומר הנלמד. בנוסף, עליו לדעת כיצד לעורר ולעודד את התלמידים לעבור תהליך של התאמה. המורה אינו יכול לבצע את התהליך הזה עבור התלמיד. התלמיד הוא זה שצריך לבצע את ההתאמה בעצמו.

**נדגים תהליך זה בהקשר של למידת המודל החלקיקי:**

תלמידים רבים מגיעים ללמידת המודל החלקיקי של החומר עם תפיסה רציפה, לפיה - האויר הוא חומר רציף הממלא את כל החלל. כדי ללמוד בהצלחה את התפיסה המדעית המקובלת לגבי מבנה האויר, עליהם לעבור תהליך של אקומודציה (התאמה). עליהם להחליף את תפיסתם אודות רציפותו של האויר בתפיסה חלופית, לפיה ה"ריק" המוחלט הינו חלק ממבנה האויר, כלומר, בין החלקיקים אין שום חומר. כדי לעבור את התהליך הזה בצורה משמעותית, עליהם להיות מודעים לכך שהתפיסה הקיימת אצלם איננה מתאימה, להכיר במגבלותיה ולהבין מדוע עליהם להחליפה בתפיסה אחרת. אחד מתפקידיו של המורה הוא לעורר אצל התלמידים את הצורך בהתאמה, ואף להביא צורך זה למודעותם. אם התלמידים לא יהיו מודעים לצורך לבצע התאמה - הם עשויים לבצע את "ברירת המחדל" - כלומר, אסימילציה - ולהטמיע את הדברים שהמורה אומר על מבנה האויר לתוך התפיסה הקיימת אצלם. במקרה כזה, הם עשויים לחשוב, למשל, כי בתוך האויר הרציף ישנם חלקיקים, ואז בתגובה לשאלה: מה יש בין חלקיקי האויר? הם יטענו כי יש שם אויר! **נשאלת השאלה:** מהם התנאים החייבים להתקיים כדי שתלמיד יעבור תהליך של התאמה? כדי לענות על שאלה זו פיתחה קבוצת חוקרים בראשותו של פוזנר (1982), את "**המודל לשינוי תפיסתי**". לפי מודל זה חייבים להתקיים אצל הלומד שלושה תנאים כדי שהוא יעבור התאמה של מערכת המושגים והתפיסות שלו. שלושת התנאים הם:

- התפיסה החדשה צריכה להיראות ללומד כניתנת להבנה על ידו. תנאי זה מכונה באנגלית בשם *Intelligibility* - "ניתנות להבנה" (יסומן באות I) הכוונה לכך, שכאשר הלומד נפגש בתפיסה החדשה - יש לו הרגשה שהוא מסוגל להבין את הייצוג המילולי של תפיסה זו.
- התפיסה החדשה צריכה להיראות ללומד כמתקבלת על הדעת וכסבירה. תנאי זה מכונה באנגלית בשם *Plausibility* (יסומן באות P). כדי שתפיסה חדשה שנראית כ"ניתנת להבנה", תיחשב על ידי הלומד כמועמדת לאימוץ - עליה להתקבל על דעתו ולהיראות לו כסבירה. תלמיד לא יאמץ בצורה משמעותית תפיסה מדעית שתיראה לו כנמצאת בסתירה למרכיבי מבנה ההכרה שלו.
- התפיסה החדשה צריכה להיראות ללומד כפְּרֹדֵה. תנאי זה מכונה באנגלית *Fruitfulness* - (יסומן באות F) כדי שתפיסה תיראה כפוריה - על הלומד להתרשם, כי התפיסה החדשה מסוגלת יותר טוב מאשר התפיסה הקיימת, להוביל למשל להסבר תופעות רבות יותר, להמצאות, לטכניקות וטכנולוגיות חדשות, לגילוי מידע חדש במחקר, ועוד.

**באלו תנאים יחליף אדם תפיסה מדעית "ישנה" בתפיסה מדעית "חדשה"?**

אדם ייטה להחליף את תפיסתו הקיימת בתפיסה אחרת, אם ירגיש שאיננו מרוצה ממנה. החלפה זו תתבצע אם תהיה אצלו ירידה במעמד של התפיסה הישנה ועלייה במעמד של התפיסה החדשה.

**כיצד יעלה המעמד של התפיסה החדשה על זה של התפיסה הישנה?**

1. שתי התפיסות צריכות לעמוד בקריטריון של **ניתנות להבנה** (משום שכדי שלאדם תהיה נכונות ראשונית לבחון ולשקול תפיסה חלופית - עליו לחוש שניתן להבין את טענותיה של התפיסה החדשה).
2. התפיסה החדשה צריכה **להתקבל על הדעת** ולהיראות **כסבירה לפחות כמו** התפיסה הקיימת, ורצוי שתיראה סבירה יותר.
3. התפיסה החדשה צריכה להיראות **פוריה יותר** מאשר התפיסה הישנה.

**במידה וכל התנאים הללו יתמלאו אז שביעות הרצון** מהתפיסה החדשה תהיה גדולה יותר מאשר שביעות הרצון מהתפיסה הקיימת. ואז, התלמיד יעדיף את התפיסה החדשה.

ואלו לא יתמלאו, אז - שביעות הרצון מהתפיסה הישנה תהיה גדולה יותר מאשר שביעות הרצון מהתפיסה החדשה. במקרה זה, התלמיד לא יראה סיבה מדוע עליו לשנות את תפיסתו, והוא ימשיך להחזיק בתפיסה הישנה.

בהשראת המודל של פוזנר לשינוי קונספטואלי, הלומד צריך בשלב ראשון לחוש אי שביעות רצון מהתפיסה הקיימת במבנה הקוגניטיבי שלו כדי שיהיה מוכן לבחון את המודל המדעי המוצע לו.

לכן, אחת השיטות לעירור שינוי קונספטואלי היא **הוראה באמצעות קונפליקט קוגניטיבי**. פוזנר (1982) הודה בכך שדרוש קונפליקט קוגניטיבי בכדי לעשות שינוי קונספטואלי ועולה כי ישנן רמות שונות של שינוי קונספטואלי אליו מגיע הלומד המתמודד עם מידע סותר מה שהופך את התהליך ללא פשוט.

### **קונפליקט קוגניטיבי כמבנה אסטרטגי לשינוי קונספטואלי**

הקונסטרוקטיביזם עוסקת בשאלה, כיצד לומדים בני אדם? תשובות לשאלה זו מכונות בפסיכולוגיה הקוגניטיבית בשם "תיאוריות למידה". העיקרון המונח בבסיס תיאורית הלמידה הקונסטרוקטיביסטית היא הטענה כי ידע אינו מועבר לאדם אלא נבנה אצלו באופן אידיוסניקרטי (באופן ייחודי, עם צביון מיוחד), בעזרת תבניות ותהליכים המצויים כבר בהכרתו. לטענה זו שלושה חלקים, שהובהו ע"י אישים שונים :

א. **פיאז'ה** הדגיש את החלק הראשון של הטענה הנ"ל (כלומר, את הטענה שהידע נבנה אצל האדם ואינו מועבר לו).

ב. **ג'ורג' קלי** (Kelly, 1955) הדגיש את האידיוסניקרטיות של ידע זה. קלי טען שאמנם אין להסיק מההנחה שכל אדם ממציא את המערכת שלו וממקם אירועים בתוכה, שכל אחד מאתנו כלוא לנצח בתוך עולמו הפרטי. אנשים שונים עשויים לבנות הסברים שווים לאותם אירועים, למרות שכל אחד מהם עושה זאת בדרכו שלו.

ג. **אוזובל** (Ausubel, 1978) הדגיש את החלק השלישי של הטענה (כלומר, את השפעת הידע הקיים על בניית הידע הנלמד).

**מכל** זאת ניתן להבין שהלומד הוא גורם אקטיבי בהבניית הידע שלו. הלומד אינו מגיע כדף חלק (tabula rasa). לכן יש להתייחס לידע הקודם של הלומד ובאיזה ידע הוא משתמש.

שני פרמטרים אלו קשורים לשינוי תפיסתי של הלומד. ישנם מספר מודלים של שינוי תפיסתי שהיתפתחו המתאימים להוראה בכתה. אחד המודלים הוא שינוי תפיסתי ע"י יצירת קונפליקט קוגניטיבי. **לימון מ.** (2001) התייחסה במאמרה למודל זה. ובו מציגה את המודלים הבאים :

**פיאז'ה (1975)** בתארו את תהליך, קונפליקט קוגניטיבי הבחין בין תגובות המותאמות לאלה אשר לא מותאמות למידע הסותר. התגובות הלא מותאמות הן אלה שהלומד אינו יוצר אצלו את הקונפליקט כלל. ואילו התגובות המותאמות מסווגות לשלושה סוגים : אלפא, בטא וגמא.

**אלפא** - תלמידים שמתעלמים או לא לוקחים בחשבון את הנתונים הסותרים. **בטא** מאופיינים בייצור שינוי חלקי בתיאוריה של הלומד, באמצעות הכללה והבחנה (שהניבו הסבר "אד-הוק"). **וגמא** הלומד עבר שינוי תפיסתי של התיאוריה.

**פוזנר (1982)** התייחס לכך שקונפליקט יתקבל על ידי יצירת חוסר שביעות רצון במושגים הקיימים, כצעד ראשון להשגת שינוי תפיסתי. בשלב זה התלמיד מבין את הצורך ב- "לארגן

מחדש", "לתקן" או לשנות את הרעיונות או המושגים שלו. מכך ניתן להבין שכדי לשנות משהו, אדם צריך להיות מודע לצורך זה בכדי להיות מוכן לעשותו.

במאמרה של לימון מ. (2001) מוצגת השאלה האם קונפליקט קוגניטיבי יעיל בכדי להשיג שינוי תפיסתי? ולאחר סקירה של מספר חוקרים מגיעה למסקנה שלמרות ההשפעות החיוביות שדווחו, התוצאה הבולטת ביותר של המחקרים שנעשו מראים חוסר יעילות בהשגת שינוי תפיסתי את המושגים החדשים. בהמשך המאמר מתיחס לשאלה מדוע אסטרטגית קונפליקט קוגניטיבי נראה כלא עובד כאסטרטגית הוראה לקדם שינוי תפיסתי. את התשובה אצטט מתוך המאמר, "לדעתנו, חלק ניכר מן הקשיים הנמצאים ביישום אסטרטגית קונפליקט קוגניטיבי בכיתה, קשור באופן הדוק למורכבות של גורמים המעורבים בהקשר של למידת בית-ספרית. עד כה, רוב המודלים התיאורטיים הציעו להסביר את השינוי הרעיוני שהתמקד בעיקר בתהליכים קוגניטיביים של הפרט, ושכחו או לפחות, לא לקחו בחשבון מאפיינים אחרים, כגון מוטיבציה, אסטרטגיות למידה, אמונות אפיסטמולוגיות, עמדות וכו'. וכן גם, אי התייחסות למשתנים חשובים כמו המורה והתכונותיו וגורמים חברתיים, כגון תפקידה של עמיתים. לכן הפרדיגמה, קונפליקט קוגניטיבי כאסטרטגית הוראה ממוקדת אך ורק בהיבטים קוגניטיביים של הפרט, ומזניחה משתנים רבים נוספים אשר משפיעים על הלמידה במסגרת הבית הספר".

#### לסיכום :

נראה שבכדי להשתמש באסטרטגיית הוראה של שינוי תפיסתי בעזרת קונפליקט קוגניטיבי דרוש לחקור את שלושת הבעיות שיכולות אולי להסביר מדוע אסטרטגית קונפליקט קוגניטיבי לא מוצלחת כצפוי, כאשר מיושמת בכיתה לקידום השינוי התפיסתי:

- **הבעיה הראשונה** עוסקת בשאלות איך ליצור קונפליקט קוגניטיבי משמעותי עבור התלמידים.
- **הבעיה השנייה** מתייחסת לבעיות תיאורטיות כלליות, (כגון: מוטיבציה, אסטרטגיות למידה, אמונות אפיסטמולוגיות, עמדות וכו'), ושעדיין המחקר על שינוי תפיסתי לא פתר, ומהווה דבר מרכזי לשיפור יישום אסטרטגיה זו בכיתה.
- **הבעיה השלישית** מתייחסת לבעיות מעשיות של יישום אסטרטגיות שינוי תפיסתי של הכתה והפרט בכתה (כגון: המורה והתכונותיו וגורמים חברתיים, כגון תפקידה של עמיתים)

בעבודה זו חקרתי, האם הוראת המבנה החלקיקי באופן אינטראקטיבי, מלווה בהדגמות, תוך שימוש ביצירת קונפליקט קוגניטיבי, יגרום לתלמידים שינוי תפיסתי והבנת הנושא באופן המקובל במדע.

**3. רקע מדעי ופדגוגי - מבנה החומר**

**הרקע המדעי**

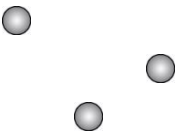
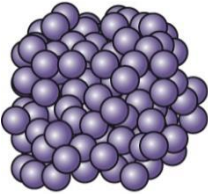
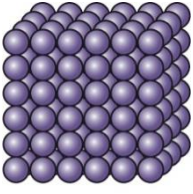
**מודל החלקיקים של החומר** הוא מודל תאורטי המקובל בעולם המדעי, ומתבסס על מספר עקרונות והנחות. באמצעות מודל זה ניתן להסביר רבות מהתופעות המוכרות לנו והקשורות להתנהגות חומרים. לדוגמה: דחיסה, פעפוע, שינוי מצב צבירה ושינויים בלחץ הגז.

למודל החלקיקי ארבעה מאפיינים:

- א. החומר בנוי מחלקיקים זעירים בלתי נראים.
- ב. בין החלקיקים קיים ריק.
- ג. חלקיקי החומר נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית.
- ד. בין חלקיקי החומר קיימים כוחות משיכה חשמליים.

החומרים בעולם נבדלים זה מזה בסוג החלקיקים המרכיבים אותם ובהיערכות שלהם. בכל חומר החלקיקים נמצאים בתנועה מתמדת ואקראית. כל חלקיק נע במהירות מסוימת, והמהירות הממוצעת של החלקיקים, בגוף מסוים, באה לידי ביטוי בטמפרטורה הנמדדת של הגוף. במצב הגזי המהירות הממוצעת של החלקיקים בכלי סגור משפיעה על עוצמת ההתנגשויות של החלקיקים בדפנות הכלי, ולכן גם על הלחץ שנוצר בכלי.

**אופן הצגת המודל החלקיקי של החומר – תיאור מצבי הצבירה השונים**

גז	נוזל	מוצק גבישי	
			<b>מודל מוחשי</b>
חלקיקי הגז מרוחקים זה מזה ונמצאים באי סדר. כוחות המשיכה בין החלקיקים חלשים מאוד.	חלקיקי הנוזל אינם מאורגנים במבנה מסודר אך הם קרובים זה לזה. כוחות המשיכה פחות חזקים מאשר במוצק.	חלקיקי המוצק מאורגנים במבנה מסודר וסימטרי. הם קרובים זה לזה. כוחות המשיכה בין החלקיקים חזקים.	<b>סידור החלקיקים וכוחות המשיכה ביניהם</b>
תנועה תנודתית, סיבובית ותנועת מעתק (בקו ישר), החלקיקים משנים את מיקומם ומתנגשים זה בזה.	תנועה תנודתית וסיבובית, החלקיקים משנים את מיקומם בצבר ומתנגשים זה בזה.	תנועה תנודתית בלבד, החלקיקים נעים במקומם ולא משנים את מיקומם בצבר.	<b>תנועת החלקיקים</b>

**רקע פדגוגי**

הבנת "מודל החלקיקים של החומר" דורשת שינוי תפיסתי אצל התלמידים. על מנת שיתרחש שינוי כזה מומלץ ללמד בגישה שבה התלמידים פעילים ומעורבים בתהליך הלמידה. השיטות המתאימות לכך הן הוראה **בשיטה המכונה קונסטרוקטיביסטית**.

לפי שיטה זו הגורם העיקרי המשפיע על הלמידה הוא הידע הקודם של התלמיד אליו הוא מקשר את הידע החדש. לפיכך הוא עשוי לפרש תופעות ותוצאות ניסויים בעזרת מודלים אלטרנטיביים, אשר מסבירים את המתרחש בחיי יומיום באופן סביר. בהשראת המודל של פוזנר לשינוי קונספטואלי, הלומד צריך בשלב ראשון לחוש אי שביעות רצון מהתפישת הקיימת במבנה הקוגניטיבי שלו כדי שיהיה מוכן לבחון את המודל המדעי המוצע לו. לכן, אחת השיטות לעירור שינוי קונספטואלי היא הוראה באמצעות קונפליקט קוגניטיבי. בכדי ליצור את הקונפליקט על התלמידים להיות מעורבים במהלך ההוראה לצפות בהדגמות ולנסח הסברים ברמות השונות. בנוסף, יש לנהל דיון במושגים ובתחום התקפות של המודלים המסבירים את התופעות הנצפות באמצעות: "הוראה דיאלוגית" (רון, תשנ"ג 1993), או "משא ומתן אודות ידע" (Negotiating Knowledge). יש לקיים דיונים כיתתיים כך שהמורה איננו הדובר היחיד בכיתה. לפי שיטה זו המורה אמור להשהות את מתן התשובה הנכונה ולאפשר לתלמידים לדון ביניהם על אפשרויות וגישות שונות ולהגיע לכלל החלטה. כלי זה חשוב במיוחד להוראה של נושאים הכרוכים בשינוי תפיסתי ומזמנים "קונפליקט קוגניטיבי". בשיטת הוראה זו חשוב להקפיד שלא לעבור לשיטת ה"פינג פונג" שבה המורה שואל שאלה ומחכה לתשובה נכונה, עובר הלאה לשאלה הבאה וכן הלאה. בדרך כזו אמנם משיגים מעורבות גבוהה יותר של התלמידים במהלך השיעור, אך אין זה דיאלוג, ולא משיגים את המטרה העיקרית – "שינוי של מושגים ותפיסות".

### **קשיים הנובעים מדרישה לרמות חשיבה מורכבת**

- הבנת מבנה החומר דורשת מתלמידים לתפקד בשלוש רמות חשיבה: רמת המיקרו, רמת המאקרו והרמה הסמלית הייצוגית- שימוש בנוסחאות (Johnston, 1991).
- מחקרים מראים שתלמידים רבים אינם מבינים את מבנה החומר בשלוש הרמות הנ"ל ומתקשים במעבר מרמה אחת לאחרת. Gabel (1993) הראתה שהגברת ההבנה ברמת המיקרו תרמה גם לעליה ברמת ההבנה ברמות האחרות. הבנה וקבלה של מודל זה כרוך בשינוי תפיסתי נרחב ועמוק. מחקרים מעלים שלתלמידים תפיסות חלופיות הנוגעות לכל אחד ממרכיבי מודל החלקיקים. נזכיר אחדות מהן:
1. תפיסה רציפה של מבנה החומר השוללת את אפשרות קיומו של 'ריק' בין חלקיקי החומר, ולכן הרעיון של 'ריק' כחלק טבעי של החומר נראה מוזר ובלתי סביר.
  2. תפיסה שאוויר אינו חומר ובהתאם תפיסה של הריק כאוויר. "בין חלקיקי החומר יש רווחים ובהם אוויר".
  3. תפיסה שהמצב הטבעי של כל הגופים הוא "מנוחה" – סטטיות. לפי תפיסה זו, אם אין תנועה הנראית לעין - לא מתקיימת כל תנועה בחומר. מכאן שהתפיסה של תנועה מתמדת של חלקיקים בחומר אינה אינטואיטיבית. לפי תפיסה זו, הטענה שחלקיקי החומר נמצאים תמיד בתנועה נשמעת לתלמידים מוזרה ובלתי מתקבלת על הדעת.
  4. אם גוף נמצא בתנועה מתמדת, נראה שיש בו איזה שהוא היבט כלשהו של חיים (רצון לנוע וכוונה לנוע). מכאן נובע ייחוס "תכליתיות" לחלקיקים הנעים (אנימיזם).

**4. מטרת המחקר****שאלת המחקר**

האם הוראת התיאוריה החלקיקית, באופן אינטראקטיבי תוך יצירת קונפליקט קוגניטיבי, יגרום לשינוי תפיסתי ושיפור הלמידה?  
מטרת ההוראה להביא להבנה של התפיסה המדעית המקובלת לגבי מבנה החומר, שבמרכזה מודל החלקיקים של החומר, המהווה את הבסיס להבנה של תופעות בתחומי הכימיה, הפיזיקה והביולוגיה.  
במחקר זה, אשתמש באמצעי עזר כמו מודלים ואנלוגיות, סימולציות והדגמות. בנוסף התלמידים יתבקשו לצייר ולהסביר את הנילמד על ידי הבאת טיעון, כלומר מבנה של טענה + נימוק.  
תהליך זה יאפשר לעורר קונפליקט קוגניטיבי, וכך יגרום לשינוי בתפיסותיהם ושיפור בלמידת הנושא.

**השערת המחקר:** הלימוד באופן זה ישפר את ההבנה ויגרום לשינוי תפיסתי.  
ההשערה מתבססת על ההנחה שזו למידה 'קונסטרוקטיביסטית' (בניה). כלומר הידע אינו מתגלה או מועבר אלא נבנה באופן יחודי לאדם בעזרת תבניות ותהליכים המצויים כבר בהכרתו.  
כפי שתואר כבר קודם: כל דבר הנמצא בהכרתו של האדם הוא תוצר של תהליך בניה – כלומר: האדם מסנן, מפרש, ומעבד את המידע שהוא קולט בעזרת החושים, והוא בונה לו משמעות ייחודית לו, התלויה בידע הקודם ובתבניות המושגיות הקיימות בהכרתו. למידה זו, כפי שתואר במבוא מתרחשת באחד משני התהליכים הפסיכולוגיים: אסימילציה (הטמעה) ואקומודציה (התאמה).

**5. תיאור ההפעלה****שלבי ההפעלה בכתה****א. מבוא - שני שיעורים ראשונים**

בשלב ראשון המטרה ליצור אבחנה בן המאקרו למיקרו, כלומר תאור התופעה על פי מה שרואים לבין התאוריה החלקיקית שדנה בעולם הלא נראה.

הנושא הנלמד הוא סידרי גודל.

צפייה בסרטון – חזקות של 10

<https://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvDjuy0>

**ב. שלב שני - טיעון ברמת זיהוי מרכיבי הטיעון ובניית טיעון פשוט.**

טיעון הוא טענה מנומקת. על התלמידים להכיר את מבנה הטיעון ולזהות את מרכיביו: הטענה והנימוק. על התלמידים לדעת לנסח טענה ולספק נימוק מסוג "ראייה", כמו למשל בטיעון הבא: "אני לא מציע לאחוז ביד כף עשויה מתכת לצורך ערבוב מרק רותח כיוון שהכף מתחממת מאוד וגורמת לכוויה", או נימוק מסוג "הסבר" כמו למשל בטיעון הבא: "אני לא מציע להשתמש בכף עשויה מתכת לערבוב מרק רותח כיוון שידוע לי שמתכת מוליכה חום היטב וכתוצאה מכך עלולים לקבל כווייה".

מטרת השעור ללמד את תבנית הטיעון, "טיעון = טענה + נימוקים".  
 בשיעור זה יוגדרו המושגים, טענה, נימוק וטיעון (הכתבה למחברת).  
**טענה** - היא אמירה שניתן להתווכח על צדקתה, נכונותה, אמיתותה או תקפותה.  
 טענה עשויה להיות קביעה, עמדה, דעה, החלטה מסוימת, השערה, מסקנה, ציווי, תיאוריה או פתרון מסוים לבעיה.  
**נימוק** - הוא אמירה המובאת לתמוך בטענה ולבססה.  
**נימוק מסוג "ראיה"** עונה על השאלה: "איך אני יודע שהטענה אמיתית?"  
**נימוק מסוג "הסבר"** עונה על השאלה: "מהם הגורמים, ההצדקות או הסיבות לטענה?"  
**טיעון** - מכיל את שני המושגים נ"ל.

### שיעור 3

מבוא קצר על החומר

- הצגה של הסיפור ההיסטורי של המודל החלקיקי במטרה ל להכניס את התלמידים לאופן בו התפתח המדע. לשתף אותם במחשבותיהם של פילוסופים של המדע ומדענים בני ימינו שמתוך הכרות מעמיקה עם תופעות שונות ורבות הגיעו לכלל תיאורית המודל החלקיקי.
- התלמידים ימלאו טבלה של ציר הזמן המתאר את התפתחות התיאוריה של מבנה החומר.
- צפייה בסרטון, "סוד הריק"

<https://www.youtube.com/watch?v=sLFq3yWqSNw>

התלמידים התבקשו לצייר את שלושת מצבי הצבירה ולהסביר מדוע ציירו כך (הדף מצורף בנספחים).

### שעורים 4,5

הצגת המבנה החלקיקי על פי התיאוריה המקובלת כיום:

- א. כל חומר בנוי מחלקיקים זעירים. וכל חומר יש חלקיקים האופייניים רק לו. החלקיקים הם אבני הבניין הזעירים של החומר.
  - ב. חלקיקי החומר נעים מעצמם כל הזמן. בתנועה תנדנדית, סיבובית ותנועת מעתק
  - ג. בין החלקיקים יש רווחים שבהם אין שום חומר (ריק = וקום- תת לחץ).
- הסבר ע"י המחשות:

- שימוש במודל כהסבר למבנה החומר: חלקיק - כדור, ריק - לא מצוייר כלום. צפייה בסימולציה:

1. [http://chimianet.zefat.ac.il/download/3\\_states\\_matter.swf](http://chimianet.zefat.ac.il/download/3_states_matter.swf)

2.

<http://mybag.ebaghigh.cet.ac.il/content/player.aspx?manifest=%2fapi%2fmanifests%2fitem%2fhe%2f0b052594-b04f-4f36-9ee1-7b8008137f3e#:page=content-1>

- שימוש במכונת כדורים במטרה להסביר את המושג מודל המחשה. מכונת הכדורים היא גליל שקוף ופתוח שבבסיסו נמצא לוח עגול המחובר למנוע. על הלוח העגול נמצאים כדורים המדגימים את חלקיקי החומר. כאשר מפעילים את המנוע הלוח העגול שבתחתית הגליל נע במהירות למעלה ולמטה וכתוצאה מכך הכדורים נעים בתוך הגליל.

התלמידים התבקשו להשוות בין המודל למציאות לפי הטבלה הבאה:

החלקיקים במציאות	הכדורים	
		גודל
		כמות
		גודל הרווח ביניהם
		מה יש ביניהם
		כוון התנועה
		הגורם לתנוע

בדיקה משותפת של התשובות וסיכום הנושא.  
התלמידים מתבקשים להשלים את הטבלה הבאה.

גז	נוזל	מוצק גבישי	
			מודל מוחשי
			סידור החלקיקים וכוחות המשיכה ביניהם
			תנועת החלקיקים

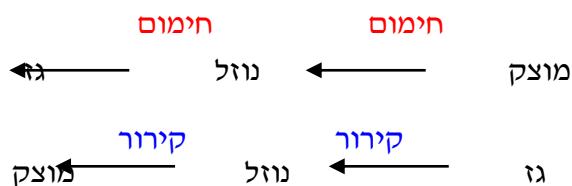
**שיעורים: 6,7,8,9,10,11**

### תופעות המוסברות על פי התיאורייה החלקיקית

#### 1. תופעות הקשורות במצבי צבירה

##### חזרה קצרה

החומרים בטבע נמצאים באחד משלושת המצבים הבאים: מוצק, נוזל וגז.  
למצבים אלו קוראים **מצבי צבירה** של החומר, מלשון צבר (אוסף) של חלקיקים.  
כל חומר נמצא בטמפרטורת הסביבה במצב צבירה האופייני לו,  
**טמפרטורה זו מכונה טמפרטורת החדר. (20° C).**  
מצב הצבירה של החומר משתנה ע"י שינויי טמפרטורה - קירור וחימום.  
מוצק יהפוך לנוזל ע"י חימום, תהליך זה נקרא **היתוך**.  
נוזל יהפוך לגז ע"י חימום, תהליך זה נקרא **איידוי**.  
גז יהפוך לנוזל ע"י קירור, תהליך זה נקרא **עיבוי**.  
נוזל יהפוך למוצק ע"י קירור, תהליך זה נקרא **הקפאה**.  
כאשר מצב הצבירה של החומר משתנה - החלקיקים עצמם אינם משתנים.



**חשוב לזכור:**

- \* **נקודת הרתיחה ונקודת ההתעבות** - הטמפרטורה בה החומר הנמצא במצב נוזל וגז, בטמפרטורה זו החומר משנה את מצב צבירתו.
- \* **נקודת ההיתוך ונקודת הקיפאון** - הטמפרטורה בה החומר הנמצא במצב מוצק ונוזל, בטמפרטורה זו החומר משנה את מצב צבירתו.
- \* **רתיחה** - התאדות הנוזל מכל נפחו (להבדיל מהתאדות - מעבר מנוזל לגז משטח פני הנוזל בכל טמפרטורה).

לאחר החזרה – ניסוי חימום קרח וצפייה בסימולציה

בצד לחמם כוס כימית עם קרח

**הדמייה לשינוי מצבי צבירה**

- הצגה של שלושת מצבי צבירה

<https://www.youtube.com/watch?v=DWg9k5RqUyM>

- הצגה של מעברי מצבי צבירה עם הגרף

<http://science.cet.ac.il/science/museum/cube.asp>

<https://www.youtube.com/watch?v=F7KyB4ii42s>

התלמידים יתבקשו להשלים את טבלה, " השוואה בין מצבי הצבירה" . ( מצורף לניספחים)

**2. תופעת הדחיסה**

**דחיסת הגז לעומת דחיסת מוצק ונוזל**

גז - חומר במצב צבירה גז, ניתן לדחיסה בקלות (נפחו קטן).

**נוזל** - חומר במצב צבירה נוזל, נדחס מעט מאוד (נפחו קטן במעט). כמעט ולא ניתן להבחין בזה.

**מוצק** - חומר במצב צבירה מוצק, כמעט ולא ניתן להבחין בזה. כמעט ואינו ניתן לדחיסה ונפחו אינו משתנה.

התלמידים יתבקשו להשלים את טבלה, " דחיסה במצבי הצבירה" . ( מצורף לניספחים)

התלמידים יתבקשו להשלים את טבלה, " תבנית לבניית נימוק מסוג הסבר" . ( מצורף לניספחים)

**3. תופעת הפיעפוע ומסיסות**

א. תצפית ריח נעים

1. פעפוע (דיפוזיה) הוא פיזור חלקיקי החומר.

2. כאשר חומרים שונים מפעפעים זה לתוך זה הם מתערבבים.
  3. הפעפוע מתרחש בגלל שלחלקיקי החומר יש תנועה עצמית ואקראית (בלתי מכוונת).
    - ב. ניסוי התפשטות הגז ( מצורף בניספחים )
- סרט פיעפוע של גזים :

<https://www.youtube.com/watch?v=H7QsDs8ZRMI>

התלמידים יתבקשו להשלים את טבלה, " תבנית לבניית נימוק מסוג הסבר" . ( מצורף לניספחים )

## שיעור 12

### סיכום הנושא

התלמידים יתבקשו לצייר את שלושת מצבי הצבירה ולהסביר מדוע ציירו כך (הדף מצורף בנספחים).

## 6. שיטות מחקר

### אוכלוסיית היעד

קבוצת המחקר כללה 33 תלמידים, מכתה ז'. האוכלוסייה נבחרה מתוך כיתה בה לימדתי . כיתה זו נבחרה כיוון שנושא מבנה החלקיק הוא חלק מתוכנית הלימודים הנלמדת במדע ותכנולוגיה. הכיתה היא הטרוגנית, עם השגים בינוניים וממוצע הציונים שלהם הוא כ 75 .

### הכלים שנעשה בהם שימוש:

#### 1. לימוד הנושא במטרה ליצור קונפליקט קוגניטיבי

השיעורים הראשונים כמבוא כללו :

- סידרי גודל של עצמים בייקום. בכדי שהתלמידים ידעו להסביר דברים ברמת המאקרו והמיקרו.
- המטרה הייתה להביא את התלמידים לשינוי חשיבתי שגבולות העולם לא מסתיימים רק במה שנראה.
- התלמידים למדו , כיצד לענות תשובה מדעית ( תשובה שמכילה טענה + נימוק = טיעון ) המטרה לתת להם כלי להביע בכתב את השינוי שנוצר בהם.

השיעורים שבהם נלמד הנושא כללו :

- שימוש בניסויים שבהם עשו תצפיות ברמת המאקרו וצפו בתהליכים שהתרחשו. התהליכים שנבחרו לא היו ניתנים להסבר ללא הבנה שהחומר בנוי מחלקיקים. הניסויים : המחשת המודל החלקיקי ע"י מכונת הכדורים.
- חימום קרח – תצפית תוך כדי שינוי מצב הצבירה עד הפיכתו לגז.
- דחיסה במזרק : אויר, מים, סוכר.
- ניסוי, " ריח נעים" – התזת בושם
- התפשטות גז ( בדיקת נייר לקמוס במבחנות עם אמוניה הנמצאות בזוויות )

- הצגה של סימולציות בליווי הניסוי המתאים.  
המטרה הייתה להציג את העולם המיקרו שאינם רואים. בכדי שיוכלו להסביר את המתרחש ברמת המאקרו. ובכך ליצור בהם את הקונפליקט הקוגניטיבי.  
התלמידים ציירו את שלושת מצבי הצבירה לפני ההפעלה ואחרי ההפעלה. ומילאו טבלאות: השוואה בין מצבי הצבירה וטבלאות לבניית נימוק והסבר.

## 2. כלי לעיבוד המימצאים

### 2.1 המרת תוצאות איכותיות לכמותיות ע"י האלגוריתם הבא:

ציור ונימוקו:

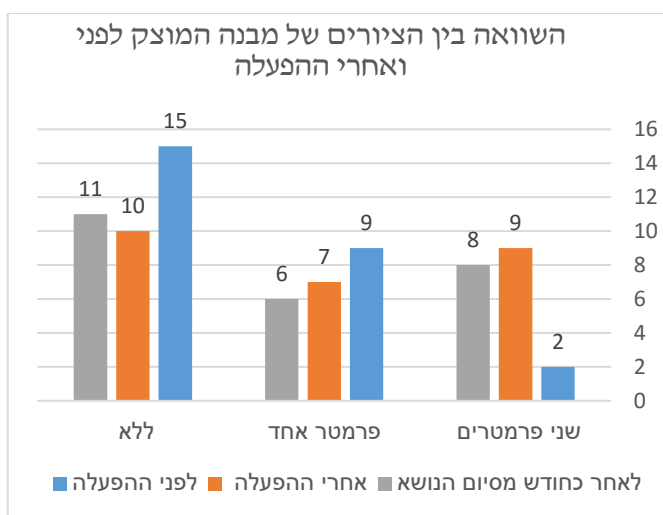
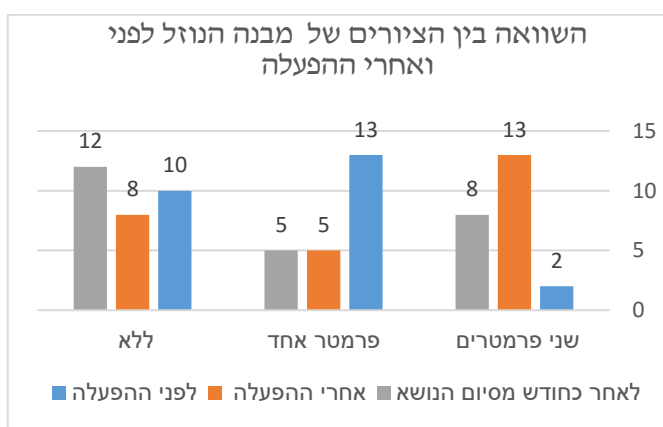
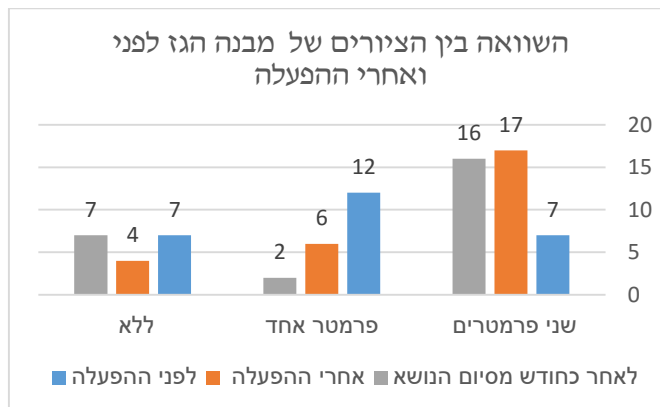
א. מבנה מוחשי – הציור

- ציור תקין: כאשר שני הפרמטרים נראים בציור. מתקבל ציון 2.  
גז: החלקיקים תופסים את כל חלל הכלי. החלקיקים רחוקים זה מזה - רווח גדול בין חלקיק לחלקיק.  
נוזל: חלקיקים מסודרים לפי צורת הכלי. החלקיקים קרובים אחד לשני.  
מוצק: חלקיקים מסודרים במבנה מסודר. צורתם קבועה. החלקיקים קרובים אחד לשני.
  - ציור חלקי: כאשר אחד הפרמטרים תקין. מתקבל ציון 1.
  - ציור לא תקין: הציור אינו מראה את שני התנאים. מתקבל ציון 0.
- ב. הסבר של התלמידים מדוע בחרו לצייר לפי שציירו
- אין נימוק כלל: ציון 0.
  - הסבר במבנה של טענה: ציון 1.
  - הסבר המכיל טענה ונימוק כלומר טיעון: ציון 2.
- ג. ציור ברמת מיקרו או מאקרו
- מיקרו: ציון 2.
  - מאקרו: ציון 1.
- ד. שינוי תפיסתי (האם התרחש שינוי לפני ההפעלה ואחריה)
- קיים שנוי: ציון 2.
  - שינוי חלקי: ציון 1.
  - לא קיים שנוי: ציון 0.

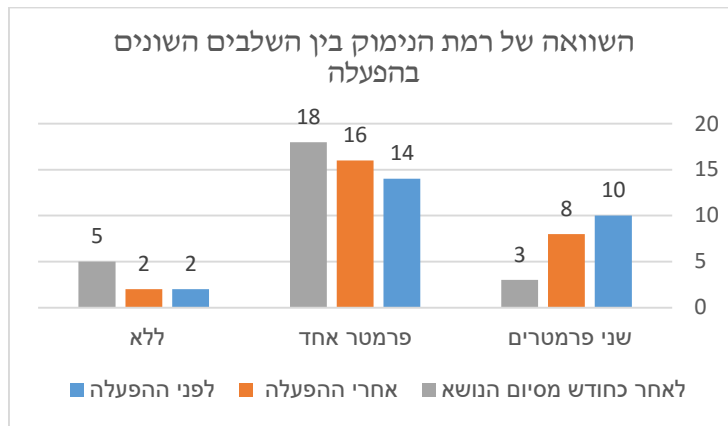
### 2.2 עיבוד הנתונים באמצעות Excel: יצירת גרפים ובדיקת מובהקות.

### 7. תוצאות המחקר

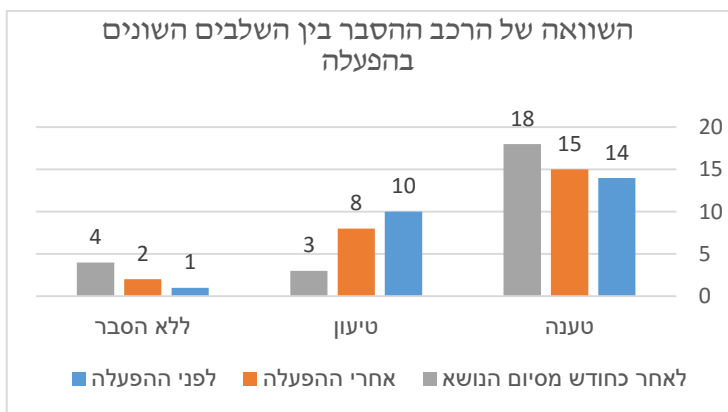
א. האם הציורים התייחסו לכל הפרמטרים שהוגדרו כנימוק תקין?



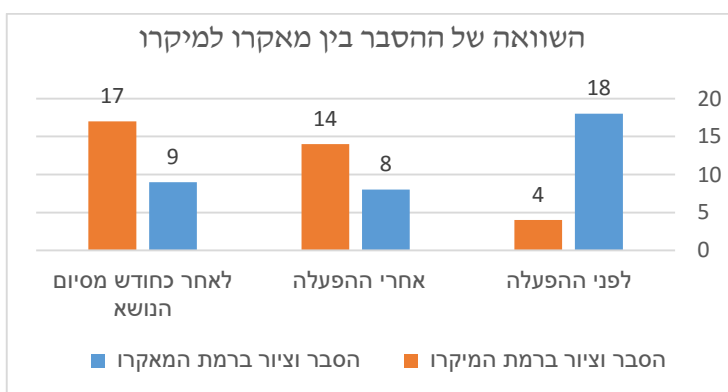
**ב. האם ההסבר התייחס לכל הפרמטרים שהוגדרו כנימוק תקין**



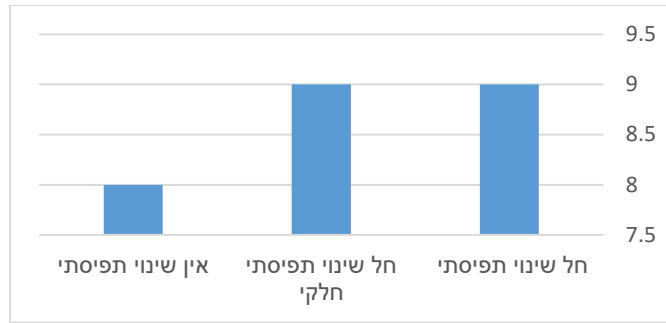
**ג. האם ההסבר היה בתבנית של טיעון. ( טיעון = טענה + נימוק )**



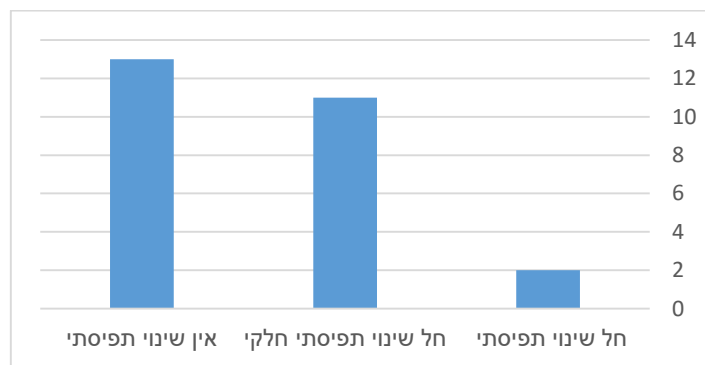
**ד. האם המענה היה ברמת המיקרו או המאקרו**



**ה. האם נראה שינוי תפיסתי לפני ההפעלה ואחריה (כאשר התלמידים ציירו)?**



1. האם נראה שינוי תפיסתי לפני ההפעלה ואחריה (כאשר התלמידים הסבירו)?



**ריכוז התוצאות בטבלה מסכמת**

שאלה	לפני הפעלה (מס' תלמידים - ציון)	אחרי הפעלה (מס' תלמידים - ציון)	לאחר חודש מסיום הנושא (מס' תלמידים - ציון)	מובהקות p סטטיסטית
א. האם הציורים התייחסו לכל הפרמטרים שהוגדרו כנימוק תקין (ממוצע בין מצבי הצבירה)	11 - ציון 1 4 - ציון 2	6 - ציון 1 13 - ציון 2	4 - ציון 1 11 - ציון 2	0.001051 **
ב. האם ההסבר התייחס לכל הפרמטרים שהוגדרו כנימוק תקין (ממוצע בין מצבי הצבירה)	14 - ציון 1 10 - ציון 2	16 - ציון 1 8 - ציון 2	18 - ציון 1 3 - ציון 2	0.574 לא מובהק
ג. האם ההסבר היה בתבנית של טיעון. ( טיעון = טענה + נימוק )	14 - ציון 1 (טענה) 10 - ציון 2 (טיעון)	15 - ציון 1 (טענה) 8 - ציון 2 (טיעון)	18 - ציון 1 (טענה) 3 - ציון 2 (טיעון)	0.510 לא מובהק
ד. האם המענה היה ברמת המיקרו או המאקרו	18 - ציון 1 (מאקרו) 4 - ציון 2 (מיקרו)	8 - ציון 1 (מאקרו) 14 - ציון 2 (מיקרו)	9 - ציון 1 (מאקרו) 17 - ציון 2 (מיקרו)	0.00024 ***
<b>השוואה בין תחילת ההפעלה ואחרי (מס' תלמידים - ציון)</b>				
ה. האם נראה שינוי תפיסתי לפני ההפעלה ואחרי ההפעלה (כאשר התלמידים ציירו).	9 - ציון 2 9 - ציון 1 8 - ציון 0			0.001052 **
ו. האם נראה שינוי תפיסתי לפני ההפעלה ואחרי (כאשר התלמידים הסבירו).	2 - ציון 2 11 - ציון 1 13 - ציון 0			0.534 לא מובהק

• חלוקת הציון מפורט ב סעיף 2.1 ( המרת תוצאות איכותיות לכמותיות ע"י אלגוריתם הבא).

**8. דיון ומסקנות**

במחקר זה הנושא המבנה החלקיקי נלמד במבנה של הוראה אינטראקטיבית מלווה בהדגמות במטרה לעורר קונפליקט קוגניטיבי. מהתוצאות ניתן לראות שהתלמידים הראו שינוי בתפיסה באופן מובהק רק כאשר התבקשו לצייר את מבנה החומר במצבים השונים. התלמידים הראו שיפור בהבנה ברמת המיקרו והמקרו, אך כאשר נדרשו לנמק, כלומר לתת טיעון ( טיעון = טענה + נימוק מבוסס) לא נראה שיפור כלל, למרות שבמבוא להוראת נושא התאוריה החלקיקית, הודגשה חשיבות הטיעון בלמידת המודל החלקיקי של החומר.

להערכת, ניתן שאופן הסבר נושא הטיעון לא הומחש דיו ויתכן גם שהתלמידים אינם נמצאים בשלב התפתחותי כזה שמאפשר להם להגיע לקונפליקט בין התפיסות שלהם לבין התפיסות המקובלות במדע.

מתוך המחקר ניתן להסיק, שלא התרחש שינוי תפיסתי של מבנה החומר. להערכת רמת בשלותם ההכרתית בשלב או בגיל זה אינה מאפשרת להם עדין להביא לידי קונפליקט את תפיסותיהם הקיימות מול אלה שנלמדו. מכאן שגישת ההוראה שמטרתה ליצור קונפליקט קוגניטיבי בכדי ליצור שינוי תפיסתי אינו יוצר את הקונפליקט אצל תלמידים בכתה ז', או אצל התלמידים שנכחו בניסוי. מתוך המחקר שנעשה, לא ניתן להסיק איזו תובנה לגבי שאלת המחקר. זאת, כיוון שהתלמידים שהיווה את אוכלוסיית המדגם שהם תלמידי כתה ז' לא התאימו למחקר זה. בנוסף לכך יתכן שהנושא הנלמד היה מופשט ומורכב מידי עבור רמת הבשלות או רקע הידע של התלמידים. מרכיב משמעותי נוסף שלהערכת משפיע על התוצאות נובע מהעובדה שבכדי ליצור שינוי על התלמידים להיות במצב של רצון ומוטיבציה פנימית לשנות את תפיסתם. ולהיות יותר פעילים בזמן הלמידה.

פיאז'ה הבחין בין תגובות **המותאמות (adapted)**, ללא מותאמות (**unadapted**) למידע הסותר. התגובות **הלא מותאמות** הן אלה שהלומד אינו יוצר אצלו את הקונפליקט כלל. ואילו התגובות **המותאמות** שהם: התעלמות מנתונים סותרים או יצור שינוי חלקי או שהלומד עבר שינוי תפיסתי. להערכת, חלק מהתלמידים הגיבו להוראה לפי תגובה לא מותאמת (**unadapted**) כיוון שלא נוצר אצלם קונפליקט כלל.

מתוך מחקרים שהוזכרו במאמרה של לימון מ. (2001), ניתן לראות שלעיתים, למרות שתלמידים מתמודדים עם מידע סותר, הם נשארים עם תפיסותיהם הקודמות כיוון שהתפיסות נראות להם יותר נכונות. במצבים כאלה הקונפליקט יצר תוצאה שלילית. להערכת, גם במחקר הנוכחי, ההוראה במבנה זה השיגה תוצאה שלילית והשינוי התפיסתי לא הושג בחלק גדול מהתלמידים.

**9. השלכות הניסוי להוראה**

בתכנים לימודיים שלמידה משמעותית של הם מחייבת שינוי תפיסתי, מדובר במקרים שבהם יש לתמידים תפיסה אינטואיטיבית כל שהיא, ומטרת ההוראה היא לגרום להם להחליפה בתפיסה מקובלת. בכל התמקצעות יש תכנים מכוונים, מושגי מפתח, רעיונות מרכזיים וכדומה, הסותרים תפיסות אינטואיטיביות. למשל במקצוע המדע וטכנולוגיה בכיתה ז' אחד הנושאים הוא המודל החלקיקי של החומר עומד בסתירה לתפיסה האינטואיטיבית על מבנה החומר הנראה כחומר רציף. כאשר הלמידה מחייבת שינוי תפיסתי, הקונסטרוקטיביזם הפסיכולוגי מפנה את תשומת ליבנו לתלמיד. כיוון שהתלמיד חייב לעשות את השינוי בתודעתו ולבנות את הידע החדש. המורה אינו יכול להעביר את הידע ולצפות שעל ידי כך התלמיד יעשה שינוי בתפיסותיו. לכן שיטת

ההוראה צריכה להיות מורכבת ולהכיל בתוכה כמה שיטות יחדיו כמו: הוראה באמצעות קונפליקט קוגניטיבי שמשלב שיח דיאלוגי, דיונים קבוצתיים ומשא ומתן. חשוב לציין שבכדי ליצור שינוי תפיסתי על התלמיד לרצות לעשות את השינוי הזה. לכן התלמיד חייב להיות פעיל גם חייבת להיות לו הבנה במושגים שחשובים ללימוד הנושא. כמו לדוגמה בנושא המבנה החלקיקי. חשוב שהתלמיד יבין ויהיה מסוגל לדבר ברמות השונות, מאקרו ומיקרו. חשוב שהתלמיד ידע להתנסח ברמת הטיעון (טענה + נימוק מבוסס).

### **10. בנימה אישית**

הרעיון לחקור את הנושא: הוראה של המבנה החלקיקי ע"י קונפליקט קוגניטיבי במטרה ליצור שינוי תפיסתי, נולד באשראת עבודה שעשיתי במסגרת הקורס, "קוגניציה". העבודה הייתה לנתח מאמר של רחל זימרוט וגיא אשכנזי ובו הוצג מחקר, שמטרתו לאפיין את תהליכי הלמידה והשינוי הקונספטואלי בקרב סטודנטים לכימיה, באמצעות הוראה אינטראקטיבית מלווה בהדגמות שחלקן עשוי לעורר קונפליקט קוגניטיבי. הזדמן לי ללמד במשך כמה שנים בכיתות ז' את נושא המבנה החלקיקי. להערכתי, נושא זה הוא הבסיס להבנה של תופעות המתרחשות במקצועות המדעים. ולכן, להבנתי, יש חשיבות גבוהה שהתלמידים ישנו את תפיסתם האינטואיטיבית, שמבנה החומר רציף. בתחילת כיתה ח', מתקיימת חזרה על התאוריה החלקיקית. וברוב המקרים מתברר שהתלמידים לא שינו את תפיסתם.

שילוב של ניסיוני זה, הביא אותי לחקור את הנושא במטרה לבחון האם אוכל ליצור שינוי בתחום זה. במהלך המחקר ותוך כדי הפעלת התלמידים, התגלו קשיים רבים כגון: אי יכולתם של התלמידים להתנסח בצורה ברורה ומדויקת. ניסוחי התלמידים הם כלי מרכזי להבנתי באם התקיים שינוי תפיסתי במהלך הלמידה. במחקר הצלחתי לראות רק באמצעות מתודת הציורים אם היה שינוי.

להבנתי, מחקר כזה מתאים לתלמידים שיכולת הניסוח שלהם ברמה גבוהה יותר מאלה שהשתתפו בניסוי זה. עבודת המחקר גרמה לי ללמד את הנושא בצורה שונה ומאתגרת. להערכתי, למרות שלתלמידים היו קשיים רבים במהלך השעורים, הם קיבלו כלים וידע נוסף שהעשיר אותם בסופו של דבר.





**נספח מס' 2:**

**השוואה בין מכונת הכדורים ובין המציאות**

חלקיקים במציאות	מכונת כדורים	תבחינים
		מספר
		גודל
		נוכחות חומר במרווחים
		גורם התנועה
		כיוון תנועה

---



---

**נספח מס' 3**

**השוואה בין מצבי הצבירה**

<b>תבחינים</b>	<b>מוצק</b>	<b>נוזל</b>	<b>גז</b>
מודל			
גודל החלקיקים במעבר החומר ממצב צבירה אחד לאחר (קטן/גדול/לא משתנה)			
סידור החלקיקים			
מרווחים בין החלקיקים			
תנועת החלקיקים			

---



---



---



---

נספח מס' 4

דחיסה בין מצבי הצבירה

מזרק עם סוכר	מזרק עם מים	מזרק עם אוויר	תבחינים
			מצב צבירה של החומר
			נפח החומר לפני דחיסה
			נפח החומר לאחר דחיסה
			האם החומר ניתן לדחיסה
			שינוי מסת החומר בעקבות הדחיסה

**נספח מס' 5**

**תבנית לבניית "נימוק מסוג הסבר" בתחום חומרים בהיבט חלקיקי**

מה קרה בתהליך (בתחום המאקרו) - תאור התופעה :

---



---

טענה (בתחום המאקרו)

---



---

נימוק מסוג הסבר (בתחום המיקרו) מה קרה לחלקיקים בתהליך?

מרכיבי ההסבר (מרכיבי המודל החלקיקי)	השינוי בכל אחד ממרכיבי המודל החלקיקי גדול קטן/ לא השתנה	הסיבה
מספר החלקיקים		
מהירות התנועה		
עוצמת ההתנגשויות		
מרחק בין חלקיקים		
מיקום החלקיקים		

**הטיעון: טענה + נימוק מסוג הסבר**

---



---



---