



משרד החינוך  
המזכירות הפדגוגית  
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות  
לימודים



מטה מל"מ  
המרכז הישראלי לחינוך מדעי  
טכנולוגי  
על שם עמוס דה-שליט



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל  
המחלקה להוראת הטכנולוגיה  
המדעים  
קבוצת הכימיה

## הכל כימיה –

# ניתוח מאמרים מדעיים מעובדים

## וחקר אירועים

## מדריך למורה

ד"ר אורית הרשקוביץ

ליאורה סער

ראש הפרויקט: פרופ. יהודית דורי

## ברצוננו להודות :

- ♥ לרותי לפלר על קריאתה המעמיקה את כל הספר והמדריך למורה והערותיה החשובות.
- ♥ לד"ר ניצה ברנע, מפקחת ארצית (מפמ"ר) תחום כימיה, משרד החינוך ולד"ר רחל טסה, מפקחת תחום כימיה, האגף לתוכניות לימודים, משרד החינוך, על תמיכתן ועידודן.
- ♥ לד"ר איתן קריין, מורה לכימיה בחמד"ע והעורך המדעי/תפעולי של סינטיפיק אמריקן ישראל, אשר הפנה אותנו לחלק מהמקורות בספר זה וסייע בעיבוד המאמרים.
- ♥ לד"ר מירי ברק, עירית ששון וורד דנגור, הטכניון, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, על חיבור המאמרים לנושאי הבחירה של חמש יחידות לימוד בנושאים : ביוכימיה וננוכימיה.
- ♥ לד"ר דליה עובדיהו וליוסף ליבנה על הערותיהם בחלק מהמאמרים.

♥ למורי הכימיה אשר השתתפו בסדנת מורים מובילים להוראה משולבת חקר אירועים בטכניון, בהשתלמויות קיץ בטכניון וכן בהשתלמות המורים בנושא "קריאת מאמרים", שנערכה בחמד"ע. במסגרות אלו הציעו המורים עיבודים ראשוניים לפעילויות לתלמידים מבוססות חקר אירוע / מאמר מדעי מעובד אשר חלקן שולבו בספר.

להלן רשימת המורים אשר השתתפו בעיבוד ראשוני של חלק מהמאמרים (לפי סדר א-ב):

אברמוביץ ענת, תיכון כדורי	קברמן צביה, מקיף נשר והטכניון,
אברני חוה, סולם צור, גשר הזיו	המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים
אינטרטור רולי, הרצוג, בית-חשמונאי	קדמי ירדן, רוגוזין, ק. אתא ומקיף נשר
גורליק אלנה, חוגים, חיפה	רן עירית, ב"ס חוגים, חיפה
חלאילה עבדאללה, תיכון סחנין	שחור דנה, הטכניון, המחלקה להוראת
יונתן משה, החשמונאים, בת-ים	הטכנולוגיה והמדעים
ד"ר יעקב דבורה, חמד"ע תל-אביב	שיינפלד עדינה, רוגוזין, ק. אתא
ליבנה זהבה, תיכון יבנה חולון	שפירא רחל, תיכון בן-צבי, קרית אונו
מסינגר טלי, תיכון גליל מערבי	

עריכה לשונית : **אבשלום גינוסר**

עיצוב כריכה וגרפיקה : **טל הרשקוביץ**

עיצוב טקסט ועריכה : **ד"ר אורית הרשקוביץ**

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך, תשס"ז, ינואר 2006

---

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאכסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמחברים.

הרשקוביץ, סער ודורי (2007).  
הכל כימיה – ניתוח מאמרים מדעיים מעובדים וחקר אירועים  
מדריך למורה

# תוכן עניינים

## הקדמה

### מסגרת תיאורטית

רקע

מיומנויות חשיבה גבוהות

הוראה/למידה מבוססת חקר אירועים

שאלת שאלות

רמות הבנה בכימיה

מטאקוגניציה

### בחירה, עיבוד ומיפוי המאמרים ליחידת הלימוד

עיבוד מאמר מדעי

קריטריונים לפיתוח אירוע / מאמר מדעי מעובד לתלמידי הכימיה

קריטריונים למיפוי המאמרים/אירועים המעובדים ביחידה

### הנחיות להוראת מאמרים וחקר אירועים מעובדים בכיתה

מדוע ללמד קריאה מדעית?

הנחיות לבדיקה עצמית של הבנת מאמר

רשימת מאמרים וחקר אירועים בספר, נושאי דיון מומלצים ומיפוי רמות קושי

### מאמרים וחקר אירועים

מזון בצבע שלא כדרך הטבע

זכוכית קשיחה - מקרח יבש מקורה

הערבה – פתרון לבעיה כאובה

סערה בכוס קפה

חומרי הדברה – טוב או רע?

עור ואור – הקשר התאי

הרדון - סכנה או יתרון?

סבון אנטי-בקטריאלי – ניקיון טוטאלי אך לא אידיאלי

יהלומים לנצח

טפס על קירות עם שממיות

כל מספרת צמרת – מעבדת כימיה לתפארת!

הר געש – תחזית זעם

גשם חומצי מנעת - חלומות ירוקים הגשמת!

חזקה אך עדינה

## תוכן עניינים - המשך

מה קורה לחומציות האוקיינוסים?  
כימיה בקצה הגפרור  
מכונית על מים – חלום או חזון?  
סיבה לאזעקה  
חידת הכד מבגדד  
מכונית מימן – רעיון מצוין!  
ניקוי מולקולרי – פתרון גאוני לזיהום סביבתי  
להשתזף רציתם? על מלנין בניתם  
כוח ממוזער- סוללות ננומטריות בפעולה  
מיצוי DNA מעצמות – במקום טביעת אצבעות

## מסגרת תיאורטית

### רקע

מטרת העל של הרפורמות המתרחשות בשני העשורים האחרונים במדעים בתחומי ההוראה, הלמידה וההערכה היא לפתח תלמידים בעלי אוריינות מדעית-טכנולוגית. מרכיב מרכזי בפיתוח זה היא היכולת לקרוא מקורות מידע ומאמרים בצורה מושכלת ולקבל החלטות בנושאים המתבססים על הבנת מדע, טכנולוגיה וחברה.

שילוב של קטעי קריאה מעובדים ושאלות מלוות ברמות חשיבה שונות – חקר אירוע, מאמר מדעי מעובד – באופן שוטף בהוראת הכימיה, הינו בעל חשיבות מרובה בהיבטים הבאים:

- קישור עקרונות הכימיה התיאורטיים הנלמדים בכיתה ליישומם בחיי היום יום;
- מתן אפשרות לחשיבה נוספת ומעמיקה במושגים ובתופעות כימיות;
- פיתוח יכולת העברה של מיומנויות חשיבה גבוהות מתחום מדעי אחד למשנהו תוך שילוב תחומי ידע שונים;
- יצירת עניין ומוטיבציה ללימוד הכימיה;
- שילוב היבטים ונושאים חדשניים מחזית המדע בלימודי הכימיה.

שילוב של חקר אירועים ומאמרים מדעיים מעובדים בהוראה דורש מציאת דרכי הערכה מתאימות. לשם כך, מובא בהמשך, פרוט של מערכת קריטריונים לפיתוח שאלות מלוות לאירוע/מאמר מדעי מעובד. קריטריונים אלו מהווים את הבסיס למגוון ההיבטים בהם יש להעריך את יכולתו וביצועיו של התלמיד להתמודד עם פעילות לימודית מבוססת קריאה וניתוח של מאמר מדעי.

### מיומנויות חשיבה גבוהות

בשנים האחרונות התפתחו גישות חדשות בנושא רכישת ידע ולמידה משמעותית אשר מיועדת לפיתוח החשיבה – ללמד איך לחשוב ולא מה לחשוב. הוראה כזו שמה דגש על רכישת הידע כתהליך שבו הידע נוצר, מאורגן, מנותח, מיושם ומוערך, באמצעות תהליכי חשיבה. פיתוח מיומנויות חשיבה בקרב התלמידים דורש הבחנה בין מיומנויות חשיבה ברמה נמוכה ובסיסית, לבין מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה. על פי הטקסונומיה של בלום (Bloom, 1956) □ שינון, שליפת מידע מהזיכרון, התמצאות בעובדות בסיסיות, חיפוש מהיר של פתרון או ניסוח ראשוני של רעיון מסווגים כחשיבה ברמה נמוכה, לעומת אנליזה, סינתזה, והערכה אשר מסווגים כמיומנויות חשיבה הדורשות פעילות מורכבת יותר ומכונות "מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה".

חשיבה ברמה גבוהה הינה פעולה שלא ניתן להגדירה במדויק, אלא לאפיינה על ידי מספר תכונות מפתח, הניתנות לזיהוי כאשר הן מתרחשות (Resnick, 1987). חשיבה זו אינה אלגוריתמית, דפוסי המחשבה והפעולה אינם ברורים ומוגדרים מראש, והיא מסתיימת לעיתים בפתרונות מרובים שלכל אחד מהם יתרונות וחסרונות. חשיבה ברמה גבוהה כרוכה לעיתים בחוסר ודאות ודורשת עצמאות, שיפוט וקבלת החלטות.

קידום מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה בקרב תלמידים מהווה מטרה חינוכית חשובה. הוראת מיומנויות חשיבה צריכה לכלול:

א. הפעלה רבה של התלמיד ;

ב. שילוב מיומנויות החשיבה בהקשרים ובנושאים שונים בתוכנית הלימודים ;

ג. שילוב מיומנויות מטה-קוגניטיביות במהלך ההוראה .

קיימות מספר מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה שניתן לשלבן במידה רבה בהוראת מדעים : שאלת שאלות, ניתוח אירוע, חשיבה ביקורתית, הנמקה והעלאת טיעונים, מיומנויות גראפיות, זיהוי מידע רלוונטי ולא רלוונטי ואבחנה ביניהם, ומיומנויות חקר שונות כמו העלאת השערות, אבחנה בין ממצאי ניסוי ומסקנות

#### **הוראה/למידה מבוססת חקר אירועים**

הוראה באמצעות אירועים מוכרת מזה שנים רבות במחלקות למנהל עסקים באוניברסיטאות כשהמוביל ביניהם הוא Harvard Business School. במחלקות אילו ההוראה התבססה על ניתוח אירועים אמיתיים הקשורים בחברות עסקיות מתוך מטרה לאפשר לסטודנט להבין את מורכבות הגורמים הקשורים בניהול עסקים. הצלחת שיטת הוראה זו, המאפשרת שילוב של רכישת ידע תוכני עם יישומו במציאות, הביאה להרחבת השימוש בה גם במחלקות אחרות בהורוד (משפטים, רפואה) ובהמשך גם באוניברסיטאות אחרות.

בעשור האחרון גברה ההתעניינות של מורים וחוקרים באפשרות ליישם שיטת הוראה זו, המשלבת אירועים, גם בהוראה בבתי הספר. שילוב אירועים אמיתיים בהוראה מומלץ על ידי חוקרים ואנשי חינוך מהמובילים בתחום הוראה/למידה בגישה המשלבת מדע-טכנולוגיה וחברה. חוקרים מדגישים את חשיבות הלמידה תוך התנסות עצמית, הנעזרת בתכנים מציאותיים ומוכרים לתלמיד ומשפרת את רמת העניין והמוטיבציה שלו ללמוד. כוונת למידה זו הינה לערב את התלמיד בתהליך הלמידה, לפתח בו מיומנויות חשיבה גבוהות ולהדגיש הבנה של תהליכים ויישומם בבעיות יום-יומיות. בתהליך התמודדות עם בעיות אמיתיות, באים לידי ביטוי חשיבה ביקורתיות, שאלת שאלות וחיפוש פתרונות אפשריים כשמטרת העל היא להביא את התלמיד לא רק למודעות והבנה, אלא לרמה של מעורבות וקבלת החלטות על בסיס ערכי וקבלת אחריות.

אירוע הינו קטע מידע המוצג בצורה תיאורית-סיפורית ועוסק במצבים אמיתיים בעלי השלכה ללומד. האירוע חייב להכיל מוקד מדעי-כימי ועליו להציג חומר או תהליך, תופעה מעוררת עניין או בעיה שאין לה בהכרח פתרון אחד והוא מעורר העמקה נוספת. האירוע מלווה בשאלות מנחות ברמות חשיבה שונות, תוך עידוד הלומד להעלות שאלות נוספות.

הקשיים המלווים הוראה מבוססת חקר אירועים ומאמרים מדעיים מעובדים קשורים בהיבטים הבאים :

עיבוד והכנת אירועים חדשים כרוכים ביכולת ביטוי טובה ובהכנה מרובה ;  
התמודדות עם תחומי תוכן לא מוכרים, עקב היות האירוע לקוח מחיי-היומיום הכרוכים בשילוב תחומי תוכן, לעיתים מתחומי מדעים שונים ולעיתים שילוב של היבטים טכנולוגיים, חברתיים וסביבתיים.

קיים צורך בחידוש ועדכון האירועים כדי לשמרם רלוונטיים לתלמיד ;  
שימוש בחקר אירוע ככלי הערכה דורש תהליך מורכב יחסית של בניית מחוון.

הוראה/למידה של חקרי-אירוע ומאמרים מדעיים מעובדים מתאימה במיוחד כדיון כיתתי, אותו מתחיל המורה והתלמידים ממשיכים. דרך נוספת מומלצת מאוד היא חלוקת הכיתה לקבוצות קטנות (4-6 תלמידים) בהם מתרחשת למידה עצמית של התלמידים ופיתוח דיונים קבוצתיים.

### שאלת שאלות

שאלת שאלות נפוצה בחינוך המדעי אולם רוב הזמן המורה הוא זה ששואל את השאלות. בדרך כלל המורה מנווט את השיעור ומחליט מהי מטרת השיעור, סוג השאלות שישאלו, ומתי, אם בכלל, ישתתפו התלמידים. בשעורים כאלו, המורה הוא הפעיל והתלמיד סביל. על-פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית, לפיה הידע אינו "מועבר" לתלמיד אלא "נבנה" בהדרגה אצל התלמיד, יש להעביר את התלמיד ממצב סביל למצב פעיל כך שתהליך הבניית הידע יתרחש לאורך כל השיעור. תפקידו המסורתי של המורה כמוביל ו"שולט" בשיעור צריך להשתנות למדריך ומכוון והאווירה בכיתה צריכה להיות כזו המאפשרת לתלמידים לשאול שאלות מגוונות ולא רק שאלות הבהרה. מחקרים מראים שתלמידים מסוגלים לשאול הרבה שאלות וגם שאלות באיכויות שונות כאשר ניתנת להם ההזדמנות לכך.

חוקרים בתחום החינוך טוענים כי שאלת שאלות היא אחת הדרכים המומלצות להקנות דרכי חשיבה ברמה גבוהה. כאשר התלמידים שואלים שאלות בעקבות קריאת טקסטים, הם רוכשים כלים מטה-קוגניטיביים להערכת מקורות ולמעקב אחר יכולת ההבנה של קטעי הקריאה.

כדי להעריך את איכותה של שאלה, יש להתייחס לקריטריונים מתאימים. קיימות בספרות המדעית טקסונומיות שונות להערכה. הטקסונומיה הידועה והוותיקה ביותר היא הטקסונומיה של Bloom (1956). לפי גישתו, יש לדרג את השאלות לפי רמת החשיבה הדרושה כדי לענות עליהן: ידע, הבנה, יסוד, אנליזה, סינתזה, שיפוט והערכה.

טקסונומיה נוספת פותחה על ידי Graesser ו-Person (1994). הם סווגו את השאלות לשתי רמות חשיבה - שאלות ברמה נמוכה ושאלות ברמה גבוהה.

ניתוח אחר של שאלות תלמידים בעקבות קריאת אירוע מדעי הוצע על-ידי Dori ו-Herscovitz (1999). ניתוח זה התבצע על שלושה קריטריונים: תוכן השאלה בהתייחס לאירוע, מספר השאלות שחיבר התלמיד ומורכבות

בהתבסס על המלצות החוקרים, איכות השאלות אשר ישאלו התלמידים במהלך קריאת מאמרים מעובדים העוסקים בכימיה, תשמש מדד למיומנות הבנה וניתוח המאמר.

#### איכות השאלה תימדד לפי הקריטריונים הבאים:

- א - רמת החשיבה הנדרשת כדי לענות על השאלה -  
רמת חשיבה נמוכה - שאלה שהתשובה עליה דורשת ידע המצוי במאמר;  
רמות חשיבה גבוהה - שאלה שהתשובה עליה אינה במאמר.
- ב - רמות הבנה בכימיה<sup>1</sup> הדרושות כדי לענות על השאלה -  
רמה נמוכה - שאלה הקשורה לידע כימי אשר התשובה עליה דורשת רמת הבנה אחת בלבד;

<sup>1</sup> הסבר על רמות הבנה בכימיה בסעיף הבא

רמה גבוהה - שאלה הקשורה לידע כימי אשר מאפשרת התייחסות לשתי רמות הבנה בכימיה לפחות.  
ג- תרומת השאלה למידע הכתוב במאמר –  
רמה נמוכה - התשובה תורמת מידע שולי להבנת המאמר. לדוגמה: מידע כמותי, טכני או שהתשובה אינה קשורה להיבט המרכזי במאמר;  
רמה גבוהה - התשובה תורמת מידע מעמיק ומורחב להבנת המאמר וקשורה בהיבט המרכזי בו עוסק המאמר.

**”שאלה איכותית” היא שאלה ברמת חשיבה גבוהה, המשלבת מספר רמות הבנה בכימיה ותורמת ומוסיפה מידע לכתוב במאמר.**

#### מקורות להרחבה בנושא:

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives: Handbook 1 the Cognitive Domain. New York: Mckay.

Graesser, A. C. & Person, N. K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, **31**, 104 – 137

Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (1999). Question - posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study. *Journal of Research in Science Teaching*, **36**, 441-430.

Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (2005). Case-based long-term professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, **27**, 1413–1446.



## רמות ההבנה בכימיה

חוקרים מצאו, כי הקושי המרכזי של תלמידים בהבנת הכימיה נובע מקושי ביכולתם להבין מושגים בארבע רמות ההבנה בכימיה. קושי זה של תלמידים לקשר בין הרמות השונות, יוצר במקרים רבים מושגים בלתי מדעיים ומוטעים.

רמות ההבנה בכימיה כוללות:

- **רמה המאקרוסקופית (macroscopic)** - הרמה התחושתית המתיחסת לתופעות אותן ניתן לראות או למשש. ברמה זו הכימאי מזהה חומרים, מתאר את תכונותיהם ומנסה להכין מהם חומרים חדשים בעלי תכונות חדשות. ברמה זו נכללים תהליכים ותופעות אחריהן ניתן לעקוב באמצעות שינויים כגון: שינויי טמפרטורה, שינויי צבע, שינויי pH, מוליכות ומסיסות.
- **הרמה המיקרוסקופית (microscopic)** - הרמה המספקת הסבר ברמת החלקיקים. ברמה זו משתמש הכימאי במושגים מופשטים המתארים חלקיקים (אטומים, מולקולות, יונים) השייכים לרמה המיקרוסקופית כדי להסביר התרחשויות המתוארות ונצפות ברמה המאקרוסקופית.
- **רמת הסימול (symbolic)** - הרמה המייצגת את שפת הכימיה. ברמת זו משתמשים בייצוגים מגוונים: סמלים כימיים, נוסחאות כימיות, מודלים, משוואות וגרפים.
- **רמת התהליך (process)** - הרמת המייצגת במילים או בנוסחאות תהליך כימי. כוללת הבנת תהליכים ומנגנוני תגובות כימיות. מבטאת את הבנת התהליך המתרחש באמצעות תיאור מילולי בצרוף ניסוח התהליך.

דוגמאות לניתוח התהליך באמצעות רמות ההבנה בכימיה ניתן למצוא ביחידות הלימוד הבאות:  
הרשקוביץ, א., קברמן, צ., ששון, ע. ודורי, י. (2002). מעבדות חקר ממוחשבות והדמיה מולקולרית בכימיה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.  
הרשקוביץ, א., קברמן, צ. ודורי, י. (2006). טעם של כימיה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.

## מקורות להרחבה בנושא:

- Dori, Y.J. & Hameiri, M. (1998). The mole environment studyware: Applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 20, 317-333.
- Dori, Y.J. & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems - symbol, macro, micro and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching*. In Press.
- Dori, Y.J. & Barak, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling : Fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology & Society*, 4(1). ISSN 1436-4522.

Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education* (pp. 53-66). Kluwer Academic Publisher, Dordrecht/Boston/London.

Gabel, D. & Bunce, D.M. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In D. Gabel (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 301-326). Macmillan, New York.

### מטה-קוגניציה

המונח מטה-קוגניציה מאגד בתוכו מונחים רבים אשר עוסקים באסטרטגיות למידה. המושג מתייחס לבקרה העצמית של תהליכי החשיבה, או חשיבה על החשיבה. המחקרים הראשונים על מטה-קוגניציה התרכזו בחשיבה ובלימוד של ילדים בזמן קריאת ספרים. לפי Flavel (1976), מטה-קוגניציה בוחנת את המציאות באמצעות ניטור, קואורדינציה ובקרה של תהליך הלמידה. זוהי רמה חסויה של התנהגות אשר מערבת מיקוד לגבי הידע והקשר שלו להתנהגות וביצועים אינטלקטואליים. מדובר על שליטה בחשיבה העצמית בדרך כלל כדי לשרת מטרות ספציפיות. Flavel זיהה שלושה מרכיבים במטה-קוגניציה: ידיעת תהליך החשיבה, מודעות לתהליכים העצמיים והיכולת לבקר אותם. מרכיב נוסף בהגדרה הוסף על ידי White (1993) כרצון לאמן את הבקרה. שני המרכיבים הראשונים חיוניים לפיתוח שני המרכיבים האחרונים.

החוקרים Paris ו-Jacob (1987) מחלקים את המטה-קוגניציה לשתי רמות – הערכה עצמית של החשיבה, וניהול עצמי של החשיבה.

בהערכה העצמית של החשיבה הם מבחינים בשלוש רמות ידע:

- ידע מוצהר – ידיעה על הידע העצמי של דרכי הלמידה שלי ועל הגורמים המשפיעים על הביצועים שלי (הדגש הוא על מה שידוע).
  - ידע תהליכי – מודעות לתהליכים המעורבים בחשיבה וידיעה כיצד להשתמש ביעילות באסטרטגיות (הדגש הוא על כיצד).
  - ידע מותנה – ידיעה מתי והיכן להפעיל תהליכי חשיבה ואסטרטגיות מסוימות (הדגש הוא על מתי והיכן).
- בניהול העצמי של החשיבה הם כוללים את המרכיבים הבאים:
- תכנון – בחירת ההתאמה בין אמצעי החשיבה למטרות החשיבה.
  - הערכה – תהליך ניטור מתמשך של תהליך החשיבה.
  - בקרה – חזרה ועיבוד תכניות ואסטרטגיות בהתאם לדרך בה הן נמצאו יעילות.

ההנחה היא, שמטה-קוגניציה ניתנת ללמידה והיא בעלת חשיבות עליונה לטיפוחה של חשיבה טובה, באמצעותה אנשים נעשים מודעים לביצועי החשיבה הרגילים שלהם. מטה-קוגניציה הינה ההיפך מחוסר בקרה על תהליכי החשיבה והלמידה, מדובר במודעות וניהול של תהליכים אלה. חוקרים רבים מדברים על החשיבות והתרומה שיש למטה-קוגניציה בפתרון בעיות במיוחד במתמטיקה, בכימיה וכמובן גם בקריאה. מחקרים מראים שאימון מטה-קוגניטיבי עוזר בעיקר

בפיתרון בעיות מורכבות – לא סטנדרטיות. עבור פתרון בעיות קלות ופשוטות מטה-קוגניציה איננה רלוונטית.

מחקרים הראו כי לתלמידים ידע מטה-קוגניטיבי שטחי בלבד לגבי קריאה מדעית, טקסטים מדעיים ואסטרטגיות קריאה. תלמידים מאמינים, שקריאה מדעית מערבת בעיקר פרוש של מילים. הם יודעים ששימוש באסטרטגיות קריאה יכול לעזור להם, אך הם אינם יודעים ליישם זאת, חלקם מכירים אסטרטגיות קריאה אך אינם סלקטיביים בבחירת האסטרטגיה המתאימה והם פועלים באופן טכני ולא באופן מושכל לגבי שימוש באסטרטגיות קריאה שונות. תלמידים זקוקים להנחיות מפורשות וברורות לגבי מבנה טקסט מדעי ויכולת הערכת חשיבותו. תלמידים זקוקים להנחיות מפורשות לגבי כיצד ומתי להשתמש באסטרטגיות ספציפיות כדי לשפר את ההבנה שלהם.

הידע המטה-קוגניטיבי מתייחס לידע על הלומד, המשימה והאסטרטגיות הקיימות. ידע על הלומד מתייחס לידע של האדם כיצד הוא לומד ומעבד מידע. כך למשל, אדם יכול להיות מודע לדרך בה הוא לומד טוב יותר – בחדר שקט או בספריה רועשת. ידע לגבי הבנת אופי המשימה מתייחס להבנה של מידת מורכבותה וכיצד יהיה צורך להתמודד איתה.

ידע לגבי אסטרטגיות מתייחס למיומנויות קוגניטיביות ומטה-קוגניטיביות כדי לדעת באיזו אסטרטגיה להשתמש היכן ומתי.

#### מקורות להרחבה בנושא:

Flavel, J.H. (1976), Metacognitive aspects of problem solving, in L. B. Resnick (ed), The nature of intelligence. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, 231-235.

Jacobs, J.E. & Paris, S.G. (1987). Children's Metacognition about reading issues in definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, **22**, 255-278.

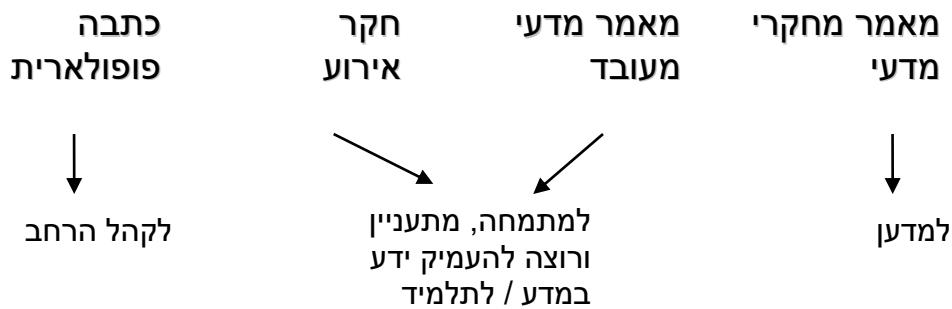
Resnick, L.B. (1987). *Education and Learning to Think*. National Academy Press. Washington, D.C.

White, R.T. (1993). Insight on conceptual change derived from extensive attempts to promote metacognition, paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Atlanta, GA.

## בחירה, עיבוד ומיפוי המאמרים ליחידת הלימוד

### עיבוד מאמר מדעי

בפעילות עם מאמרים מדעיים, ניתן להבחין בהדרגתיות של רמת העיבוד של המאמר כפי שמתואר באיור הבא (מידת העיבוד בציר איננה ליניארית):



ביחידה משולבים מאמרים מדעיים מעובדים וחקר-אירוע. המאמרים אינם מאמרים ממקור של ספרות מחקרית ראשונית אך גם לא מאמרים מהעיתונות הפופולארית, ולא קטעים מספרי הלימוד. המאמרים עוסקים בנושאים שבחזית המדע - מאמרים אשר פורסמו בעיתונות מדעית ורובם בשנים האחרונות.

מכיוון שהגבול בין מאמר מדעי מעובד וחקר אירוע איננו חד, בחרנו ביחידה זו להשתמש במונח חקר אירוע כאשר הקטע קצר ומורכבותו נמוכה עד בינונית.

### קריטריונים לפיתוח מאמר מדעי מעובד / חקר אירוע לתלמידי הכימיה

הקריטריונים לפיתוח מאמר/אירוע מעובד ולפעילויות המלוות פותחו בעקבות דיונים משותפים עם מורי כימיה במסגרת השתלמויות וסדנת מורים מובילים שנערכה בטכניון. בדיונים אלו ועל סמך מחקרהן של פרופ. יהודית דורי וד"ר אורית הרשקוביץ ומחקרים נוספים שהתבצעו בקבוצת הכימיה נבנתה מערכת קטגוריות מפורטת הן לפיתוח המאמר/אירוע מעובד והן לפעילויות המלוות.

## קריטריונים לפיתוח אירוע / מאמר מדעי מעובד

האירוע:

- מכיל מוקד כימי ברור – חומר, תופעה, מושג כימי;
- קשור לחיי היום-יום ובעל עניין ורלוונטיות לתלמיד;
- כתוב בהתאם לרמת התלמידים – מכיל מושגים מוכרים מלימודי הכימיה;
- כתוב בצורה "סיפורית" ומעוררת עניין (אינו קטע מידע "יבש");
- אינו עמוס בפרטים טכניים או מספריים;
- יכול ורצוי שיכיל מושגים ו/או חומרים חדשים (שלא נלמדו) אך במידה ובאופן שלא יפריע להבנה כוללת של הטקסט;
- מעורר שאלות וכווני הרחבה והעמקה (לא נותן את כל התשובות);
- משלב היבטים/נוספים כגון: מדעי נוסף (ביולוגי, פיסקלי), חברתי – אישי או ציבורי, סביבתי, טכנולוגי/תעשייתי, בריאותי וכדומה;
- רצוי שיכלול דילמה מוסרית, ציבורית או אישית;
- רצוי שיעורר בעיה המאפשרת פתרונות אחדים (שלכל אחד יתרונות וחסרונות)

## קריטריונים לפיתוח פעילות מלווה

השאלות והמשימות המלוות את המאמר המעובד / אירוע פותחו כך שעליהן לכלול:

- מגוון שאלות ברמות חשיבה שונות – החל מהבנת הקטע, דרך יישום ועד העברה, שיפוט והערכה;
- שילוב מיומנויות הקשורות במעברים בין צורות ייצוג שונות של מידע – מילולי לגרף, טבלה, סכמה, מודלים ולהיפך.

בטבלה הבאה מוצג פרוט מבנה הפעילויות המלוות

שאלה	פרוט
רמת ידע והבנה	שאלה שהתשובה נמצאת באירוע (לא בהכרח בצורה גלויה). קריאה והבנת האירוע מאפשרת לענות עליה.
יישום ידע כימי	שאלות הנוגעות לחומרים / תופעות הקשורות באירוע ואשר התשובה עליהם דורשת יישום ידע כימי שנלמד בכיתה. (Near Transfer)
רמת חשיבה גבוהה (אחת או יותר מהאפשרויות)	תרגום ייצוג מילולי לגרפי / לטבלה ולהיפך, הצעה מנומקת לפיתרון בעיה, הבעת דעה מנומקת (טיעונים תקפים מדעית), הצעה לניסוי, הצגה יצירתית של גורם הקשור לאירוע ואשר מבוסס ידע כימי, שאלת שאלות

## **קריטריונים למיפוי המאמרים/אירועים המעובדים ביחידה**

מגוון המאמרים וחקר האירועים ביחידה מופו לפי שלושה קריטריונים:

### רמת הקושי של המאמר/אירוע

- 1 - ארוך אך קל לקריאה או קצר וממוקד במידע כימי בסיסי
- 2 - ארוך, מכיל מידע רב, כימי וכללי
- 3 - ממוקד בתכנים מתקדמים בכימיה הקשורים ביחידה ה-4 וה-5.

### רמת הקושי של הפעילות המלווה

- 1 - מספר מצומצם של שאלות, מעט מיומנויות, התשובות הצפיות הן קצרות וממוקדות
- 2 - שאלות רבות אך התשובות קצרות וממוקדות ידע כימי,
- 3 - או מעט שאלות אך מורכבות ומשלבות ידע כימי ומגוון מיומנויות
- 3 - מגוון רחב של שאלות הכוללות מיומנויות רבות

### מידת הבין-תחומיות במאמר/חקר אירוע ובפעילויות המלוות

- 1 - תחום אחד – המאמר/אירוע והפעילויות ממוקדות בהיבט הכימי בלבד.
- 2 - שני תחומים אך שילוב מצומצם – המאמר/אירוע מתייחס בעיקר לתחום אחד, יש אזכור לתחום/ים נוסף/ים אך השילוב מעורפל ופשטני. הפעילויות המלוות ממוקדות בהיבט הכימי ומעט בהיבטים נלווים.
- 3 - שני תחומים ויותר – שילוב מורכב ומעמיק. במאמר/אירוע יש התייחסות ברורה ומעמיקה למגוון היבטים משני תחומים ויותר של הנושא/הבעיה המרכזית וכן ניתן לביטוי לשילוב זה בפעילויות המלוות.

## **הנחיות להוראת מאמרים מעובדים וחקר אירועים בכיתה**

### **מדוע ללמד קריאה מדעית?**

אחד מכלי הלמידה והתקשורת החשובים של האדם הוא יכולת הקריאה וההבנה של טקסטים. לדעת חוקרים רבים הוראת כישורי קריאה חייבת להוות מרכיב מרכזי בחינוכו של אדם בר-אוריי, בפרט קריאת טקסטים ומאמרים העוסקים בנושאים מדעיים. אחת הגישות להגדרת מושג האוריינות המדעית, טוענת שהתפיסה הבסיסית של מושג זה, חייבת לכלול מיומנויות קריאה, כתיבה, והנמקה של מושגים מדעיים. העובדה שתלמידים בעלי ידע מדעי טוב על פי סטנדרטים מקובלים, אינם מסוגלים לפרש ולנמק תופעות מדעיות בצורה סבירה, מוסברת על-ידי יכולתם הנמוכה לקרוא טקסטים מדעיים. מכאן החשיבות של פתוח מיומנות של קריאת טקסטים כאמצעי אשר יגביר את ההבנה במדע ויאפשר לתלמידים ליצור את הקשר בין פיסות מידע שונות אשר הם צוברים במהלך לימודי המדעים בבית הספר. מורי המדע צריכים לראות את עצמם לא רק מורים לתכנים אלא מורי אוריינות אשר מפתחים בקרב תלמידיהם את יכולת ההבנה, הפירוש והניתוח הביקורתי אשר דרושים כדי להתמודד עם מאמרים מדעיים.

קריאה אינה תהליך פשוט, משימת הקריאה היא תהליך פעיל, נדרשת הבניה של ידע חדש וקישורו לידע קודם על ידי יצירת משמעויות חדשות והבנה מעמיקה. חוקרים זיהו מספר שלבים

הכלולים בתהליך הקריאה: הבנת המשמעות השזורה בטקסט, הערכת חשיבותה ומשמעותה, הבנת הצורך בלימוד המשמעות המופיעה בטקסט, קישור הידע החדש לידע קודם, יצירת מושגים חדשים על ידי אשרור הבהרה, אימון וחזרה, והערכת תרומת המידע שנלמד.

מחקרים הראו כי "קוראים טובים" מודעים יותר לשימוש באסטרטגיות קריאה, כגון תמצות וקריאה חוזרת, כאשר הם קוראים בעוד ש"קוראים חלשים" עסוקים רוב הזמן בפרוש מילים במקום בהבניית משמעות. חסרות להם האסטרטגיות של התייחסות לידע קודם, סיכום, ניטור ההבנה ברור ותיקון אי ההבנות, כמו גם שימוש במבנה הטקסט לצורך הבנה וחשיבה ביקורתית. טקסטים סיפוריים נבדלים מטקסטים מדעיים במספר גורמים: אוצר מילים שונה, מבנה אופייני ותחביר ייחודי ועל כן הדרישות להבנתם שונות. קריאת חומרים/טקסטים מדעיים דורשת שילוב ייחודי של מיומנויות אשר לא נדרשות לקריאת סיפורת רגילה. טקסטים מדעיים כוללים הנחות לוגיות, מצריכים ידע קודם, אינם מקבילים לשפת היום יום, תמציתיים, ובעלי סמנטיקה מורכבת.

אסטרטגיות קריאה מומלצות עיקריות:

- 1- מציאת קשר בין ידע חדש לידע קודם – היכולת להבין ולקשר בין הידע הקודם לבין הידע החדש שבטקסט. הלמידה תהיה משמעותית אם הגירויים שבטקסט יעוררו את הקורא לחשיפת הסכמות המתאימות במוחו.
- 2- התאמה בין מטרת הקריאה ואופן הקריאה - קריאה מרפרפת - קריאה מהירה תוך תשומת לב לכותרות ומילות מפתח, מטרתה לקבל מידע כללי על הנושא.  
קריאה סורקת - קריאה מהירה, תוך חיפוש פרט מסוים.  
קריאה מעמיקה - קריאה איטית ומטרתה להביא ללמידה משמעותית ולאפשר כתיבת תמצית, איתור רעיון מרכזי, מיפוי טקסט.  
קריאה חוזרת ונשנית של הטקסט על מנת להבינו.
- 3- מציאת רעיון מרכזי - בתוך אסטרטגיה זו כלולות מיומנויות של הבחנה בין עיקר וטפל, הבחנה בין עיקרון ודוגמה, איתור משפטי מפתח, איתור מילות מפתח, היכולת לבצע הכללות.
- 4- זיהוי מבנה טקסט - היכולת לאתר את האופן שבו מאורגנים הרעיונות שבטקסט, ואת מיקומו של המידע הרלוונטי.
- 5- מיפוי מבנה הטקסט - היכולת לתאר בעזרת שרטוט גראפי את מבנה הטקסט, במיפוי נוצר הקשר שבין תוכן הטקסט והפרשנות של הקורא. המיפוי מסייע בזכירה ובהבנת הנלמד.
- 6- שימוש באמצעים חזותיים כגון הדגשה או שימוש אקטיבי כמו ציור של סוגיות מסוימות במאמר, יצירת דיאגרמה, או טבלה.

לכן יש להנחות את תלמידי הכימיה לקרוא מאמר מדעי מעובד באמצעות הנחיות מפורטות, כמו אילו המוצגות בסעיף הבא. בפעמים הראשונות, בהם מתמודדים התלמידים עם ניתוח אירוע ו/או מאמר מדעי מעובד מומלץ לבקשם להיעזר גם בשאלון לבדיקה עצמית של קריאת מאמר והבנתו.

### מקורות להרחבה בנושא :

מליץ, ע. ומליץ, צ. (1995). אסטרטגיות למידה, תיאוריה ומעשה. באר שבע: המכון לשיפור הישגים לימודיים.

Craig, M.T. & Yore, L. D. (1995). Middle school students' metacognitive knowledge about science text: An interview study, *Reading Psychology*, **16**, 169-213.

Yore, L.D., & Shimansky, J. A. (1991). Reading in science: Developing an operational conception to guide instruction. *Journal of Science Teacher Education*, **2**, 29 – 36.

Koch, A. (2000). Training in metacognition and comprehension of physics texts. *Journal of Research in Science Teaching*, **37**, 758 – 767.

Wandersee, J.H. (1988). Ways students read texts. *Journal of Research in Science Teaching*, **25**, 69 - 84.

### **הנחיות לבדיקה עצמית של הבנת מאמר / חקר אירוע**

דרך מומלצת להבנת מאמר/חקר אירוע היא קריאה ראשונית מרפרפת שלו במטרה לזהות את הרעיונות הכלליים בהם עוסק המאמר/אירוע, ואחר-כך קריאה מעמיקה של כל פסקה והתמקדות בנושא המרכזי.

### מומלץ לפעול לפי ההנחיות הבאות :

- א- שימו לב לכותרת, קראו קריאה מרפרפת את כל המאמר/אירוע
- ב- סמנו מושגים מרכזיים

מאפיינים של מושג מרכזי :

- מופיע מספר רב של פעמים במאמר/אירוע ;
- אי אפשר להבין את תוכן המאמר/אירוע או חלקים ממנו ללא הבנת המושג.

ג- רשמו לעצמך מהו התחום בו דן המאמר/אירוע

ד- לפי התרשמותכם הראשונית, רשמו רעיונות כללים בהם המאמר/אירוע עוסק

ה- קראו כל פסקה או שתיים במאמר/אירוע ורשמו לידהן או סמן משפט המייצג את הרעיון המרכזי שלה/הן. אספו את המשפטים שרשמתם ורשמו את הנושאים המרכזיים בהם עוסק המאמר/אירוע לפי רצף הצגתם. היעזרו ברשום כדי לזהות את הנושא המרכזי.



## שאלון לבדיקה עצמית של קריאת מאמר והבנתו

- בדקו האם המושגים שבחרתם מתאימים למאפיינים של מושג מרכזי?
- הביאו דוגמה למושג לא ברור, משפט או הרעיון בקטע שלא הובן. רשמו כיצד התמודדתם עם המאמר/אירוע למרות אי ההבנה.
- בדקו אם הנושא המרכזי שרשמתם מתאים להתרשמותכם הראשונית מהמאמר/אירוע. במידת הצורך שנו אותו ונמקו מדוע.

## מאמרים וחקר אירועים

רשימת מאמרים וחקר אירועים בספר, נושאי דיון מומלצים ומיפוי רמות קושי

שם המאמר/אירוע	נושאים מרכזיים בכימיה	תכנים מרכזיים במאמר / אירוע	רמת קושי
מזון בצבע שלא כדרך הטבע	מבנה וקישור	סוגים ונזקים של צבעי מאכל. התייחסות מיוחדת לטרטרזין, צבע מאכל צהוב המצוי בשקדי מרק, איטריות, סוכריות וכדומה.	נמוכה 4
זכוכית קשיחה - מקרח יבש מקורה	מבנה החומר	הצליחו לייצר זכוכית מקרח יבש שהוא דו-תחמוצת הפחמן – CO <sub>2</sub> .	נמוכה 5
הערבה – פתרון לבעיה כאובה	מבנה וקישור	שימוש בצמח הערבה לתרופות, בעיקר לייצור אספירין.	נמוכה 4
סערה בכוס קפה	מבנה וקישור	פיתוח קפה ללא קופאין בשיטות של הנדסה גנטית.	נמוכה 5
חומרי הדברה – לטוב ולרע	מבנה וקישור	חשיבותו ונזקיהם של חומרי הדברה לעולם החקלאות המודרנית. חומרי הדברה: DDT, מתיל ברומיד וביונס.	בינונית 6
עור ואור – הקשר התאי	מבנה וקישור ותרכובות הפחמן	נזקי השמש על העור, מחקרים בתחום.	נמוכה 5
הרדון - סכנה או יתרון?	ראדיואקטיביות	קרינה רדיואקטיבית, שימוש ברדון לחיזוי רעידות אדמה.	נמוכה 5
סבון אנטיבקטריאלי – ניקיון טוטאלי אך לא אידיאלי	מבנה וקישור	חומרי ניקוי ועקרונות כימיים לניקוי, הגיינה.	בינונית 6
יהלומים לנצח	מבנה החומר	שימוש באפר מתים לייצור יהלום כדרך להנצחתם.	בינונית 6
טפס על קירות עם	כוחות בין	פיתוח חומרים המחקים את גבוהה	גבוהה

שם המאמר/אירוע	נושאים מרכזיים בכימיה	תכנים מרכזיים במאמר / אירוע	רמת קושי
שממיות	מולקולריים	יכולת השממיות לטפס על קירות ותקרות.	7
כל מספרת צמרת – מעבדת כימיה לתפארת!	מבנה וקישור, חלבונים	חומרי צבע לשיער והשפעתם על צבע השערה.	גבוהה 7
הר געש – תחזית זעם	חומציות, גזים חומציים	ידע כימי בשרות חזאי התפרצויות וולקניות. לדוגמה: שנוי בחומציות אגמים, נחלים ושל מי תהום עקב שיחרור מוגבר של SO <sub>2</sub> .	נמוכה 4
גשם חומצי מנעת - חלומות ירוקים הגשמת!	חומציות ובסיסיות	גשם חומצי וזיהום אוויר מכלי רכב ומפעלים.	נמוכה 5
חזקה אך עדינה	חומצות ובסיסים, מבנה החומר	גילוי החומצה החזקה בעולם, שאינה חומצה קורוזיבית.	בינונית 6
מה קורה לחומציות האוקיינוסים?	חומציות ובסיסיות	עלייה בחומציות האוקיינוסים כתוצאה מזיהום אוויר.	בינונית 6 וגבוהה 8 (שתי גרסאות)
כימיה בקצה הגפרור	מבנה החומר, חמצון-חיזור, קינטיקה	הכימיה של פעולתו של גפרור וההיסטוריה בגיליון.	נמוכה 4
מכונית על מים – חלום או חזון?	חמצון חיזור, שיקולי אנרגיה בתגובה	מכונית הפועלת על אנרגיה שמקורה בשריפת מימן לקבלת מים. הרעיון פותח בארץ במכון וייצמן.	נמוכה 5
סיבה לאזעקה	שריפה, חמצון-חיזור, תא חשמלי	גלאים והסכנה בחשיפה לגז CO.	בינונית 6
חידת הכד מבגדד *	חמצון חיזור	כדים עתיקים שהתגלו בבגדד, אשר לפי השערת חוקרים פעלו כסוללות העתיקות בעולם.	גבוהה 7
מכונית מימן – רעיון מצוין?!	אנרגיה חלופית, חמצון-חיזור	פעולת תאי דלק – מבוססים על מימן כמקור לדלק במכוניות. מעבר למקורות אנרגיה חלופיים.	גבוהה 7
ניקוי מולקולרי – פתרון גאוני לזיהום	כימיה ירוקה, חמצון-חיזור	פיתוח מולקולות ייחודיות המתאימות לשמש לטיהור מי	גבוהה 8

שם המאמר/אירוע	נושאים מרכזיים בכימיה	תכנים מרכזיים במאמר / אירוע	רמת קושי
סביבתי	מבנה וקישור	שפכים ומי שתייה. פתרון לאיכות הסביבה. כימיה ירוקה.	
להשתזף רציתם? על מלנין בניתם *	חומרי צבע, תהליך השיזוף	סכנות קרינת השמש, הגנה מפני קרינה ושיקולים בבחירת חומרים לתכשירים מסנני קרינה.	גבוהה 8
כוח ממוזער- סוללות ננומטריות בפעולה *	ננוטכנולוגיה, סוללות	מיזעור, סוללות ננומטריות, ננוטכנולוגיה.	גבוהה 8
מיצוי DNA מעצמות – מידע מהעבר לטובת ההווה *	מיצוי DNA מעצמות, חלבונים	מיצוי DNA מעצמות לצורך זיהוי. כימיה בשרות המשטרה והארכיאולוגיה.	גבוהה 9

\* מכילים נושאים מהיחידה הרביעית והחמישית