

# דגמי הוראה לשילוב חשיבה מסדר גבוה בהוראת הכימיה



| רחל צימרוט\* |

## חשיבה ולמידה

חשיבה היא פעילות קוגניטיבית היוצרת משמעויות וחיוניות ללמידה. דה בונו מגדיר חשיבה כ"חקר מודע של התנסות למען מטרה מסוימת. המטרה יכולה להיות הבנה, קבלת החלטות, פתרון בעיה ועוד" (דה בונו, 1998).

הגישה המסורתית בעבר הייתה שלמידה מסתכמת בשינון טוב של ידע. כיום כמות הידע עצומה ואיננו יכולים ומסוגלים "להעביר" לתלמידינו ידע זה. ולכן תפקידנו העיקרי כמורים הוא לתת לתלמיד, על בסיס הקניית ידע מצומצם יחסית, כלים להתמודד עם חומרי למידה כלומד עצמאי. על התלמיד להתמודד עם שינויים תכופים בעולמו המתפתח ועם מטלות מורכבות הדורשות יצירתיות, יכולת הערכת מידע, ביקורתיות ובניית משמעות. בקצרה, איננו יכולים להסתפק בהקניית הידע בכימיה, עלינו ללמד את תלמידינו גם לחשוב כימיה. מטרתנו היא ללמד את התלמידים **איך** לחשוב ולא **מה** לחשוב. הידע נרכש בתהליך שבו הוא מאורגן, מנותח, מיושם ומוערך ולא כעובדות מוגמרות.

## אפיוני חשיבה מסדר גבוה (חמ"ג)

בספרות קיימים אופנים שונים שבהם מסווגים את רמות החשיבה. הידוע ביותר הוא הטקסונומיה של בלום, המדרגת את רמת הפעילות הקוגניטיבית מהנמוכה

לגבוהה: ידע, הבנה, יישום, אנליזה, סינתזה והערכה. לפי מדרג זה, הרמות הנחשבות גבוהות הן: יישום ברמה גבוהה (לא אלגוריתמית), אנליזה, סינתזה והערכה. טקסונומיה מוכרת אחרת היא של חנה ומיכאליס (Hannah & Michaelis). לפי טקסונומיה זו הדירוג (מחשיבה מסדר נמוך לחשיבה מסדר גבוה) הוא: צפייה, זכירה, פירוש, השוואה, מיון, הכללה, הסקה, ניתוח, סינתזה, העלאת השערות, ניבוי, הערכה.

נפרט את מאפייני החמ"ג לפי רזניק (Resnik, 1987) תוך הצגת דוגמאות לפעולות שבהן המאפיין מודגש במיוחד ושיכולות להשתלב בהוראת הכימיה.

### 1. חשיבה לא אלגוריתמית

דוגמה: חישוב מספר מולים לפי מסה ומסה מולרית הוא לפי נוסחה ולכן הוא אלגוריתמי. לעומת זאת, ניתן לחבר בעיה שבה נתונים נפחים או מסות של חומרים המשתתפים בתהליך, והתלמיד נדרש למצוא את הנוסחה של אחת התרכובות בדרך **שהוא מתכנן**, על פי הנתונים.

### 2. חשיבה הכרוכה בבניית משמעות של מבנה שנראה

#### לכאורה לא מסודר

לדוגמה: סיכום נושא במארגן גרפי של חומר לימוד (למשל, סיכום הפרק בנושא אנרגיה כימית) הוא פעולה קוגניטיבית היוצרת משמעות ויכולה להעיד

\*ד"ר רחל צימרוט, מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה בירושלים בשנים תשס"ח-תשס"ט, מרצה בחוג להכשרת עובדי הוראה ובחוג להוראת המדעים באוניברסיטה העברית בירושלים ומורה לכימיה בבית ספר קלעי, גבעתיים.

את עבודתו ואת הקשר בין ממצאי הניסויים שערך, עד לגיבוש תיאוריה. דוגמה לפעילות כזו נמצאת בספר "מדע במחשבה תחילה" (רונו, צימרוט וצ'כובר, בעריכה). הפעילות עוסקת בניתוח מחקרים בנושא הבעירה.

### אסטרטגיות לטיפוח חמ"ג

מן הדוגמאות שהוצגו בסעיף הקודם אפשר להבין שישנן אסטרטגיות רבות ומגוונות שבהן ניתן להפעיל חשיבה מסדר גבוה אצל התלמיד. מטרת האסטרטגיות האלו היא לטפח אצל התלמיד את המיומנויות הדרושות לחמ"ג. נציג מספר אסטרטגיות המתאימות להוראת מדע (בסוגריים מצוינות המיומנויות המתורגלות באסטרטגיה המוצגת):

1. עריכת השוואות (לתרגל את המיומנויות: השוואה, אפיון, ניתוח, הסקה, הכללה, הערכה).
2. בניית טיעונים (ללמד מהו טיעון טוב ולתרגל את מיומנות העלאת מגוון נקודות מבט, הצדקת טיעונים, זיהוי והעלאת מגוון נימוקים, הסקת מסקנות).
3. פתרון בעיות מורכבות שאינן אלגוריתמיות (תרגול מיומנויות פירוק לגורמים, ניתוח, סינתזה, זיהוי רכיבים וקשרים).
4. ניתוח גרפים או תרשימים (תרגול המיומנויות: פירוש גרף, בניית תרשים, העברה בין ייצוגים מרובים, ניבוי בעזרת תרשים, תלות בין משתנים).
5. אסטרטגיות החקר - חקר במעבדה, משימת ביצוע אותנטית ומטלת חקר תיאורטית (תרגול כל מיומנויות החקר המוכרות כגון: שאלת שאלות, ניסוח שאלת חקר, תכנון, עיבוד ממצאים, הסקת מסקנות וכו').

המורה לכימיה הקורא שורות אלו בוודאי שואל את עצמו:

1. הכיצד אני אמור לחבר שיעורים, מטלות, ניסויים ומשימות ביצוע, אשר בהן אצליח לשלב כל כך הרבה מיומנויות?
2. גם אם אצליח לחבר מטלות כה מסובכות, שבהן יתרגלו התלמידים מיומנות זו או אחרת, כיצד אדע שהפעילות השיגה את מטרתה והתלמידים יוכלו ליישם את המיומנות שאותה תרגלו גם במקרה אחר? לשם כך עלינו להתייחס למושג נוסף בהוראה המשלבת חמ"ג.

על הבנה מעמיקה של החומר הנלמד. הסיכום יכול להופיע כמפת מושגים, כטבלה שהתלמיד בונה בעצמו או בצורת תרשים בעל משמעות.

### 3. חשיבה הכרוכה בקריטריונים מרובים, העשויים אף לסתור זה את זה

לדוגמה: על התלמיד להחליט באיזה מנגנון יגיב חומר, כאשר ידוע שהחומר עשוי להגיב במנגנונים שונים. כדי לבחור מנגנון, עליו לשקול אילו גורמים יש להביא בחשבון: תנאי הסביבה, אפיוני המגיבים, נתונים כמותיים (ראו דוגמה בדגם ההוראה המוצג בהמשך המאמר).

### 4. חשיבה שכרוכה בחוסר ודאות

לדוגמה: בניסוי חקר פתוח (כמו ניסוי החקר בנושא קצב תגובה), התלמיד מתכנן את הניסוי לאור השערותיו המבוססות על ידע קודם, אבל הוא אינו יודע מה יהיו התוצאות. עליו להקדיש מחשבה לדרך שבה יפעל, לבידוד המשתנים ולגורמים הקבועים בניסוי כדי שמסקנתו תהיה תקפה.

### 5. חשיבה שתוצאותיה פתרונות מרובים ולא פתרון בודד נכון

לדוגמה: חישוב אנרגיה שנפלטת בתגובה בהתאם לשינוי טמפרטורה, חום סגולי ומסה, הוא בעל פתרון יחיד. אבל אם תלמידים מתבקשים להציג טיעונים בעד ונגד שימוש בפחם לעומת שימוש בדלק נוזלי כמקור לאנרגיה, הרי תלמיד אחד יכול להביא טיעונים שונים מרעהו, ואם הטענות מוצגים באופן נכון (ועל טיעון טוב - בהמשך) הרי שכולם ראויים.

### 6. חשיבה שנוטה להיות מורכבת

לדוגמה: במשימת ביצוע אותנטית (פעילות שמוגדרת בתכנית הלימודים החדשה כניסוי חקר ברמה 3) על התלמיד להתמודד עם אתגר ולבצע. למשל, עליו לתכנן מהלך שלם שבסופו יחליט איזה פרי או ירק יש לאכול ובאיזה אופן, כדי להפיק את כמות ויטמין C הגבוהה ביותר. לשם כך עליו לקרוא ספרות מתאימה, לתכנן שרשרת ניסויים ולהגיע למסקנות ובעקבותיהן להחלטות.

דוגמה נוספת היא פעילות מסוג "הזמנה לחקר", שבה התלמיד עוקב אחר מחקר של חוקר מהעבר ומנתח



## הוראה מפורשת של מטא-אסטרטגיות

אחד המאפיינים של חמ"ג שמונה רוניק (1987) הוא הוויסות העצמי של תהליך החשיבה.

**על התלמיד להפעיל מטא-קוגניציה: לחשוב על החשיבה שלו.** במהלך החשיבה שהוא מפעיל בפתרון המטלה או השאלה שלפניו, עליו להיות מודע לפעולות הקוגניטיביות שהוא מבצע, לנטר אותן ולשלוט בהן. כדי שהתלמיד יוכל לכוון את עצמו, עליו להיות מודע לסוג האסטרטגיה שבה הוא משתמש, לדעת מתי (באיזה הקשר) יש להשתמש באסטרטגיה כזו או אחרת, איך ראוי להשתמש בה (התהליך) ומדוע הוא משתמש בה (כיצד היא עוזרת לו להגיע לפתרון) (זוהר, 1996).

בקיצור, על התלמיד לחשוב בדרך ה"מלך":

**מתי, למה, כיצד.**

לכן הפעולה הראשונה שיש לעשות כאשר מלמדים נושא, תוך שימוש באסטרטגיה להעלאת רמת החשיבה, היא **שיום (מלשון שם)**: לבטא במילים את דפוסי החשיבה ואת המבנים המושגיים שבהם משתמשים במהלך החשיבה – לדבר ב"שפת החשיבה".

דוגמאות למילים המבטאות פעילויות חמ"ג:

בואו נשווה, ננסח, נמייין, נסווג, נקשר, נשער, ננתח, נסיק מכאן מסקנות, ננמק, נסביר, נעריך, נייצג על ידי מודל את...

פעולה כזו, של דיבור בשפת החשיבה, תסייע לתלמיד להיות מודע לכיוון ולפעילות המחשבתית הנדרשת כאשר הוא ממלא מטלה, פותר בעיה ואפילו כאשר הוא מסכם את החומר הנלמד.

לאחר שהתלמיד מודע לפעילויות הקוגניטיביות שהוא מבצע במהלך השיעור, אפשר להמשיך להעמיק בהוראת האסטרטגיה במשולב עם הוראת התוכן. וזאת כדי שהתלמיד יוכל בהמשך לחשוב בדרך ה- **מתי, למה, כיצד.**

אני מאמינה שכל מורה משכיל מסוגל לחבר מטלות הדורשות חמ"ג. אלא שכאן מדובר על הוראה מפורשת של האסטרטגיה. זוהי פעולה מורכבת וקשה, שבה יש לשלב את הוראת הנושא יחד עם הוראת האסטרטגיה לחמ"ג שנבחרה. המורה נדרש ללמד כך שהתלמיד יבין שהאסטרטגיה הזו נחוצה להתמודדות עם המטלות, ידע מתי להשתמש בה בעתיד ואיך לבצע אותה. לכן אין ספק

שאנשי חינוך והוראה חייבים לפתח רצפי הוראה לצורך הוראה מפורשת של אסטרטגיות מתאימות לחמ"ג, כדי שמורים יוכלו להשתמש בהם להוראת תחום הדעת שאותו הם מלמדים. בהכנת רצפי הוראה אלו יש להביא בחשבון, מעבר לתחומי התוכן ואוכלוסיית היעד, את התרומה של האסטרטגיה שנבחרה להוראת הנושא.

## דגמי הוראה

ד"ר שלומית גינוסר, העוסקת בנושא זה במשך שנים במסגרת משרד החינוך, מספרת כי באינטרנט ניתן כבר היום למצוא בארצות רבות דגמי הוראה לטיפוח חמ"ג בנושאים: היסטוריה, גיאוגרפיה ומתמטיקה. לשם כך התמקדו העוסקים בנושא בכישורי החשיבה המיוחדים לתחום הדעת. למשל בגיאוגרפיה: סיבה ותוצאה, מיון, תכנון, קבלת החלטות, מיקום, פערים, פיתוח, מערכות. לצורך זה פותחו עשרים וארבעה שיעורים לדוגמה, אחד לכל מושג. השיעורים מעודדים פיתוח מושגים, פיתוח אוצר מילים של שיחה על חשיבה ושימוש בעבודה קבוצתית המציעה ומעריכה פתרונות אלטרנטיביים. גם בארץ, באתר המפמ"ר לגיאוגרפיה, ניתן למצוא דגמי הוראה המציעים למורה דרך שבה ישלב את לימוד התוכן בתגבור מיומנויות לחמ"ג.

הן למורי ההיסטוריה והן למורי הגיאוגרפיה יש אתרים המדריכים מורים כיצד לבנות שיעורים משלבי חשיבה ומציגים בפניהם דגמים לחיקוי. אחד המעניינים שביניהם הוא אתר מורי ההיסטוריה באנגליה:

www.schoolhistory.co.uk שבו Lesley Ann, אחת המורות, מדריכה את עמיתה כיצד לבנות שיעורים מכווני חשיבה.

**המרכז הארצי למורי הכימיה בירושלים החל בפיתוח דגמי הוראה לשילוב חמ"ג בהוראת הכימיה במסגרת השתלמות שנערכה למדריכים מחוזיים ולמורים מובילים. במסגרת השתלמות פותחו פעילויות המזמנות חמ"ג וכן טיוטות לדגמי הוראה שאותם יש לערוך. פותחו פעילויות בנושאים: קישור כימי – טיעון, טבלה מחזורית – השוואה, מושגי יסוד. כמו כן פותחו טיוטות לדגמי הוראה בנושא ננו-כימיה – ניתוח גרפים, אנרגיה – טיעון, שומנים – הסקת מסקנות. כאשר תסתיים העריכה נפרסם את הפעילויות ודגמי ההוראה.**



בתרשים 1 מוצגת הצעה לתבנית לדגם הוראה שהוצעה למשתלמים ולתוכה ניתן ליצוק את התכנים והמיומנויות שאותם תבקשו ללמד.

בסוף המאמר מובאת טיוטת דגם הוראה הבנוי בדרך זו ומוצע להוראת מנגנונים בכימיה אורגנית.

אחת הבעיות המורכבות ביותר שהתלמיד מתמודד עמן בכימיה אורגנית מתקדמת היא ההחלטה איזה סוג תגובה מתרחש במגיב מסוים (התמרה או אלימינציה) לאור תנאי הסביבה, אפיוני המגיבים ועוד. מצאנו שהוראה בדרך זו יכולה לשפר את הבנת הנושא וכן לתרגל את מיומנות ההשוואה. עלי לציין שהדגם עדיין בפיתוח, אולם כבר עתה ניתן להשתמש ברצף ההוראה בהוראת כימיה אורגנית. בדרך דומה כדאי ללמד נושאים אחרים בכימיה שבהם להשוואה חשיבות מרובה.

נביא מספר דוגמאות:

בנושא מבנה וקישור - השוואה בין סוגי חומרים כדי לקבוע את תכונותיהם (טמפרטורת רתיחה, מסיסות).  
בנושא אנרגיה - השוואה בין חום לטמפרטורה.  
בנושא חמזור - השוואה בן תגובת חמצון-חיזור רגילה לבין תגובה בתא חשמלי.  
המורה הקורא את הדברים בוודאי יוכל להציע נושאים נוספים שלגביהם השוואה מתאימה.

אסטרטגיה חשובה נוספת היא אסטרטגיית הטיעון.

## אסטרטגיית הטיעון

מהו טיעון?

טיעון זו אמירה שניתן להתווכח עליה. טיעון טוב הוא טיעון אשר מלווה בנימוק מתאים. נימוק יכול להיות מסוג ראיה ויכול להיות מסוג הסבר. למשל, אם תלמיד טוען שלדעתו תרופה מסוימת יכולה להתמוסס בנוזלי הגוף, הוא יסביר על פי המודל החלקיקי (קישור בין-מולקולרי וכדומה) את הטיעון שלו. אבל אם הוא רוצה "להוכיח" את הטיעון שלו - עליו להביא ראיה. ככל שיביא תמיכות רבות יותר לנימוקיו (נתונים, דוגמאות) - אלו יהיו טובים יותר.

טיעון מורכב הוא טיעון שבו הטוען מביא נימוקים בעד עמדתו אבל גם הסתייגויות לגבי מקרים יוצאי דופן, סיכוי נמוך וכדומה.

כאשר אין מדובר באמירה בודדת אלא בדילמה, אזי אפשר לבקש מהתלמידים לקרוא את חומר הלימוד הרלוונטי ולערוך מפת טיעון. בתרשים 2 מובאת דוגמה לתבנית של מפת טיעון, כאשר הדילמה עוסקת באפשרות

המרכז הארצי למורי הכימיה  
האוניברסיטה העברית בירושלים

### הצעת תבנית לדגם הוראה:

1. מבוא קצר המסביר את חשיבות המיומנות שבה עוסקים
2. מטרת  
א. מתחום התוכן  
ב. מתחום החשיבה
3. שילוב הקניית המיומנות ותחום התוכן:  
א. חשיבות הקניית המיומנות בתחום התוכן  
ב. שיקול דעת בבחירת השילוב בין התוכן למיומנות שנבחרה \*
4. ידע קודם נדרש
5. אוכלוסיית היעד
6. משך ההוראה (מספר השיעורים)
7. דרכי ההוראה: עבודה בקבוצות / שיעור פרונטלי / מעבדה / עבודה במחשב ועוד
8. מהלך ההוראה - שלבי ההוראה

### דוגמה לרצף הוראה

- א. פעילות מקדימה לביסוס ידע קיים
- ב. סיפור מקרה, תיאור תופעה, תהליך או ביצוע ניסוי כדי לקשר את הנושא להיבטים רלוונטיים
- ג. למידת התכנים תוך הפעלת מיומנות החשיבה
- ד. פעילות מטא-קוגניטיבית:
  - a. זיהוי מרכיבים הקשורים למיומנות בתוך הפעילות שנעשתה
  - b. העמקה בתחום התוכן בשימוש במיומנות שנרכשה
- ה. סיכום
- ו. הערכת הלמידה
- ז. אופציונלי: טרנספר לתחום תוכן קרוב

\* כאן ניתן למנות קשיים צפויים המוכרים מהספרות

## תרשים 1

## אסטרטגיית ההשוואה

אחת מהאסטרטגיות המתאימות ביותר ללימודי כימיה היא אסטרטגיית ההשוואה.

### נדגים את שלבי הלימוד באסטרטגיית ההשוואה:

1. קבעו מהי מטרת ההשוואה.
2. קבעו את מאפייני האובייקטים (או התופעות) שאותם משווים.
3. קבעו קריטריונים רלוונטיים להשוואה.
4. מצאו ופרטו מה דומה בין שני האובייקטים.
5. מצאו ופרטו מה שונה בין שני האובייקטים.
6. הסיקו מסקנות מההשוואה וקבלו החלטה.

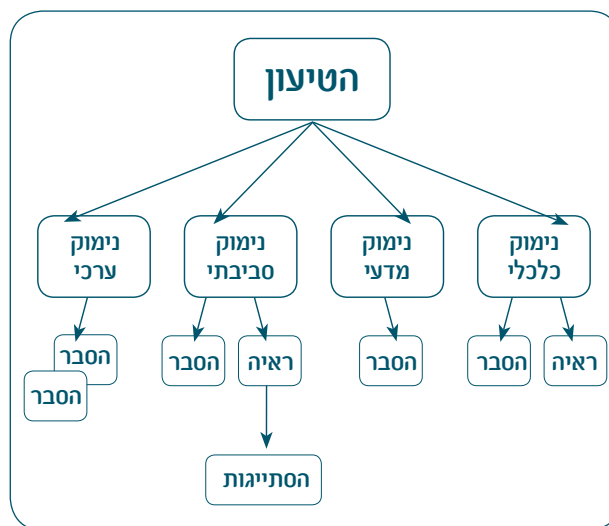


## הצעה לשלבי הוראה בנושא טיעון כאשר דנים בדילמה

1. מבוא והצגת דילמה/ בעיה/אירוע.
  2. צדה האחד של הדילמה: טיעונים, נימוקים, ראיות, הסתייגויות ודיון מטא אסטרטגי.
  3. צדה השני של הדילמה: טיעונים, נימוקים, ראיות, הסתייגויות ודיון מטא אסטרטגי.
  4. קביעת עמדה ודיון מטא אסטרטגי.
- בחלק המטא אסטרטגי התלמידים דנים בנימוקים:
- איזה נימוק משכנע יותר?
  - האם הראיות תומכות בנימוקים?
  - האם הראיה לכל נימוק רלוונטית לנימוק?
  - האם קיימים נימוקים סותרים?

נסיים בתוצאותיו של מחקר שהתפרסם בכתב העת היוקרתי סיינס (Bao, L. et al, 2009). במחקר השוואתי שנערך בארה"ב ובסין בקרב אלפי סטודנטים בקולג' בשנה הראשונה ללימודי מדעים, נמצא שהתפלגות היכולת לנמק הנמקות מדעיות זהה באוכלוסייה הסינית ובאוכלוסייה בארה"ב. הממצא מפתיע לאור העובדה שהתלמידים הסינים תרגלו יותר בתחום המדע במהלך לימודיהם בתיכון וגם הגיעו להישגים לימודיים גבוהים יותר בהשוואה לאמריקאים. מכאן ניתן ללמוד שלא די לתרגל וללמוד איך להצליח במבחנים כדי לפתח חשיבה מדעית. בתהליך למידת מדע יש צורך **בהכוונה והדרכה** של התלמידים להעמקת החשיבה.

שימוש באנרגיה חשמלית, לעומת אנרגיה המופקת מדלק. לאחר שהמורה הציג את הבעיה (האם עדיף להשתמש באנרגיה חשמלית או בדלק נוזלי?) התלמיד מחליט מה הטיעון שלו ומוביא את הנימוקים לטיעונו.



תרשים 2

## מקורות

- זוהר, ע. (1996). **ללמוד, לחשוב וללמוד לחשוב**. ברנקו וייס, ת"ל.
- דה בונר, א. (1998). **ללמד חשיבה**. מכון ברנקו וייס לטיפוח החשיבה עמוד 37.
- Bao, L. et al (2009) Learning and Scientific Reasoning. **Science**, **323** pp 586-587.
- Resnick, L.(1987). **Education & Learning to Think**. Washington D.C: National Academy Press.
- Zohar, A., & Ben-David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. **Metacognition and Learning**, 3(1), 59-82.

