



“אנרגיה בקצב הכימיה” יחידת לימוד ברמה של שלוש יחידות

מרים כרמי, אדית וייסלברג, יהודית דורי*



היחידה “אנרגיה בקצב הכימיה” פותחה בגישה אוריינית בהתאם לתכנית הלימודים החדשה, והושם בה דגש על הצגת עקרונות מדעיים של תחום הדעת, על קישור לחיי היומיום של התלמידים ועל חשיפת הכימיה כמדע ניסויי המהווה צומת בין תחומי המדע האחרים. יחידת לימוד זו היא יחידת חובה בתכנית החדשה ומהווה נדבך נוסף בבניית הידע של התלמידים בכימיה הבסיסית. היחידה מציגה את הנושאים: אנרגיה, קינטיקה, שיווי משקל ואנטרופיה בגישת הוראה המעודדת לפיתוח מיומנויות חשיבה של התלמידים, האמורים לתפקד בעולם עתיר טכנולוגיה ומשאבים (Zohar & Dori, 2003).

דרכי ההוראה המוצגות ביחידה מגוונות ומאפשרות העשרה והעמקה נוספת על פי שיקול הדעת של המורים. דרכי ההערכה המשולבות ביחידה כוללות מגוון פעילויות ושאלות המדגישות מיומנויות חשיבה כגון: שאלות הבנה ויישום של מושגים יחד עם פתרון בעיות, ייצוגי מידע שונים, חקרי אירוע וניסויי בית.

היחידה נלמדה בעשרים כיתות במהלך שנה“ל תשס”ז. בהתאם למשוב של המורים והמשתלמים במהלך השנה עודכנה המהדורה הסופית של היחידה, והיא יצאה לאור בחודש אוקטובר 2007.

עקרונות מנחים ביחידה

להלן מפורטים העקרונות המנחים ביחידה:

- המושגים והעקרונות המדעיים מוצגים בהקשר לתופעות יום יומיות במטרה להדגיש את הרלוונטיות שלהם לחיינו.

- נושא הקינטיקה משולב בנושאים: אנרגיה ושיווי משקל. שילוב זה מאפשר הבנת מכלול ההיבטים האנרגטיים והדינמיים המתרחשים בו זמנית במהלך תגובה כימית.
- הוראת הנושאים פותחת בביסוס מושגים וביישומם בפירוש תופעות שונות: בהמשך מוצגים ההיבטים הכמותיים אגב שימת דגש על פתרון בעיות.
- במהלך הוראת היחידה נעשה שימוש נרחב בניסויים שונים, ביצוע הניסויים (כהדגמה או כניסויי תלמידים) מאפשר את קידום ההוראה, את העמקת ההבנה של המושגים השונים המופיעים ביחידה ומפתח מיומנויות חקר בהתאם לדרישות ביחידת המעבדה.

* המבנית פותחה בטכניון, במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים על ידי ד”ר מרים כרמי ואדית וייסלברג. ראש הפרויקט: פרופ’ יהודית דורי, יועצים מדעיים: פרופ’ נעם אדיר ופרופ’ אלי קולודני, המחלקה לכימיה, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל.

מבנה ותכנים

היחידה כוללת חמישה פרקים. הדיאגרמה הבאה מציגה את פרקי היחידה ופירוט תתי הנושאים העיקריים בכל פרק.

ספר התלמיד כולל הסברים השזורים בניסויים, שאלות חשיבה במהלך הלמידה ("פסק זמן לחשיבה"), קטעים הקושרים את המושגים הנלמדים לתחומים אחרים ("כימיה בהקשר אחר") וכן פרקי העשרה ("לדעת יותר על..."). בכל פרק יש שאלות עם פתרון מפורט וכן שאלות לסיכום הנושאים שנלמדו.

פרק א: אנרגיה וקצב בתגובות כימיות – מה ואיך?

הפרק כולל פעילויות פתיחה, שלושה חלקים ופעילות סיכום.

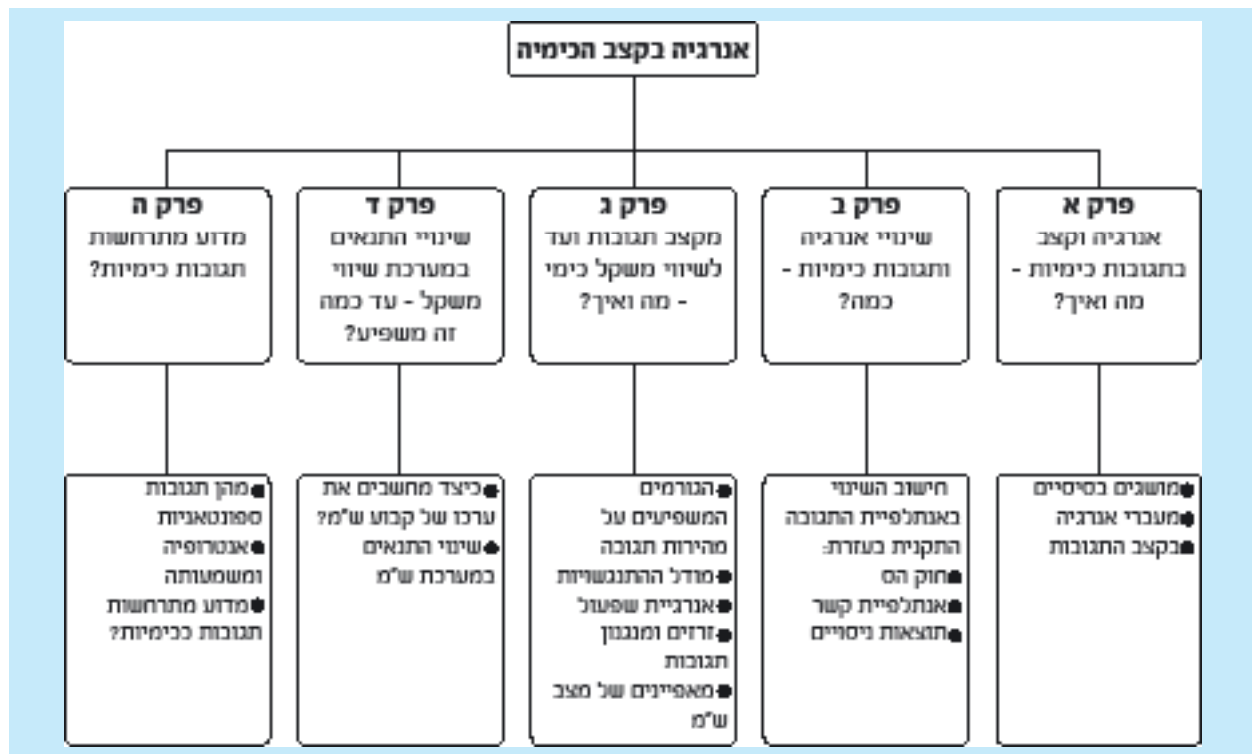
פעילויות הפתיחה לפרק וליחידה כולה מציגות את נושא האנרגיה והקשרו לחיינו במישור חברתי ואישי.

בניסוי הראשון מתבקשים תלמידים להדליק בעזרת גפרור, זיקוק של יום הולדת, למדוד את הזמן הנדרש להדלקות,

במטרה להבנות הוראה המכוונת להבנה, מושם דגש על פיתוח מיומנויות חשיבה בקרב התלמידים. נמצא כי הוראה המעודדת מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, משפרת את ביצועיהם של תלמידים חלשים ושל תלמידים חזקים גם יחד (Zohar & Dori, 2003). הדבר בא לידי ביטוי ביחידה בשתי דרכים עיקריות:

■ פיתוח מיומנות של מתן הסברים כימיים המתבססים על ארבערמות ההבנה: רמת התופעה, הרמה החלקיקית, רמת הסמל ורמת התהליך (Gable, 1998; Dori & Hameiri, 2003).

■ פיתוח מיומנות של מעבר בין דרכי ייצוג שונות של מידע באמצעות שימוש בדרכי ייצוג חזותיות, כגון: גרפים ותיאורים של מודלים חלקיקיים. היכולת לעבור בין דרכי ייצוג אלו והבנתן הן מסימניה של הבנה כימית (Russel & Kozma, 2005). הכישורים הללו ניתנים לפיתוח כאשר בהוראה מושם דגש על שילוב מיומנויות גרפיות ועל מעברים בין ייצוגים מולקולריים מגוונים (Dori & Sasson, 2008).



דוגמה לשאלה הבוחנת את הבנת ההבדל בין המושגים "אנרגיה" ו-"טמפרטורה":

כתבו את המשפטים הבאים בשפה מקובלת מבחינה מדעית.

א. "השארית את הדלת פתוחה וכל הקור נכנס פנימה!"

ב. "אני חולה. יש לי חום!"

ג. הקריין הודיע, כי "מעלות החום במישור החוף הן"

ד. "קניתי סוודר חדש ממש מחמם!"

פרק ב: שינויי אנרגיה בתגובות כימיות – כמה?

לאחר לימוד פרק א, הנותן בסיס להבנת המושגים הקשורים לפליטת אנרגיה ולקליטתה במהלך התרחשותן של תגובות כימיות, מוצג בפרק ב מושג האנתלפיה התקנית וכן דרכים עיוניות וניסיוניות לחישוב שינויי האנתלפיה של תגובה.

דוגמה להרחבה יישומית "כימיה בהקשר אחר" מהפרק, המוצגת לאחר הוראת הנושא שינויי אנתלפיה במהלך שינויים במצבי צבירה.

כימיה בהקשר אחר – המראה במאדים

האטמוספירה של כוכב הלכת מאדים מכילה פחמן דו חמצני במצב צבירה גזי. עם ירידת הטמפרטורות בחורף (הטמפרטורה הממוצעת במאדים היא -63°C), חלק מהפחמן הדו חמצני הופך למוצק ומצטבר בכיפות הקטבים של הכוכב. מוצק זה חוזר ועובר **המראה בקיץ**.

חישוב השינוי באנתלפיית התגובה בעזרת אנתלפיות קשר מוצג תוך כדי הדגשת השינויים החלים בחומרים על ידי פירוט רמות ההבנה השונות ושימוש בדרכי ייצוג שונות.

לדוגמה, נבחן את התגובה שבה מתקבלים מים במצב גזי מהיסודות מימן וחמצן, שגם הם במצב גזי, ואגב כך נציין את רמות ההבנה בכימיה. הגזים מימן וחמצן

לצפות בתהליך בעירתו ולמדוד את משך זמן הבעירה. בהמשך מתקיים דיון המבוסס על שאלות שהתלמידים שואלים. ניסוי בעירת הזיקוק מאפשר להציג לתלמידים בצורה חווייתית תופעה המעלה שאלות הקשורות להיבטים אנרגטיים וקינטיים, אשר עליהן אין תשובה בשלב זה, אולם הן מלוות את התלמידים במהלך לימוד הפרק כמו גם במהלך היחידה כולה. לדוגמה: האם השקענו אנרגיה בהדלקת הזיקוק או מתקבלת אנרגיה? האם קצב בעירת הזיקוק משתנה או קבוע? כיצד נוכל לדעת? ועוד.

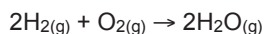


החלק הראשון בפרק עוסק במושגים: אנרגיה פנימית, אנרגיה פוטנציאלית וקינטית, מערכת וסביבה וההבדל בין טמפרטורה ואנרגיה. המטרה היא ליצור בסיס ידע משותף לתלמידים שעליו יושתת המשך הלימוד. בחלק השני של הפרק נדון הנושא של מעברי אנרגיה, והדגש הוא על מעברים הנגרמים בגלל שינויי טמפרטורה והתרחשות של תגובות. כמו כן מוצג מושג האנתלפיה ומוסבר קיומן של תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות.

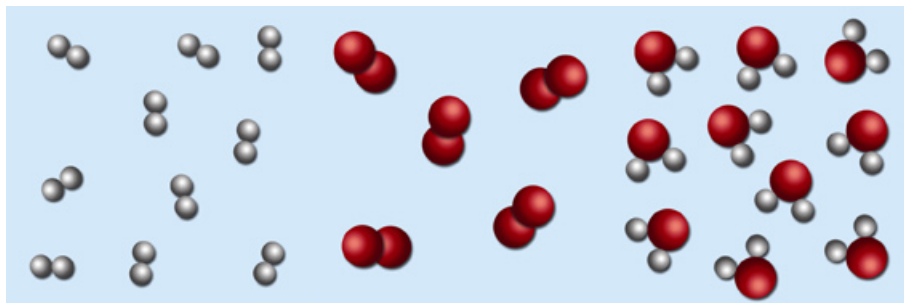
החלק השלישי של פרק א מתייחס לתגובות אטיות ומהירות ומציג בקצרה את המושג של אנרגיית השפעול של תגובה ובכך מתקשר גם לניסוי הזיקוק שאותו הכירו התלמידים.

פעילות הסיכום בפרק כוללת חקר אירוע העוסק בממציא הדינמיט ובחומרי נפץ. האירוע מסכם את הפרק וגם מהווה חוט מקשר לפרק הבא כיוון שהוא מעלה שאלות הקשורות להיבטים כמותיים של מעברי אנרגיה. במהלך הפרק מופיעות שאלות שונות.

שבכלי מגיבים לאחר שהועבר בכלי ניצוץ חשמלי ונשמע קול נפץ (רמה מאקרוסקופית של התגובה).
נתון ניסוח התגובה שהתרחשה (רמת הסמל):



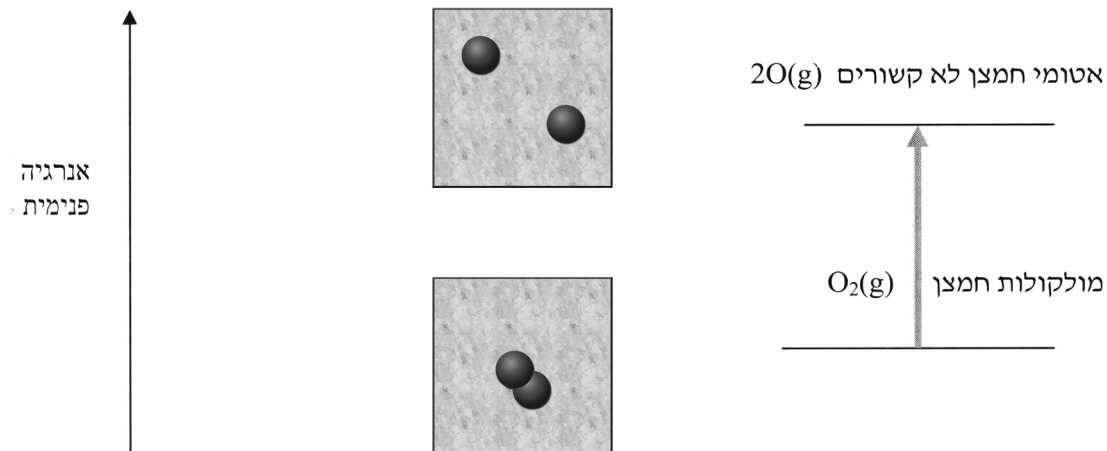
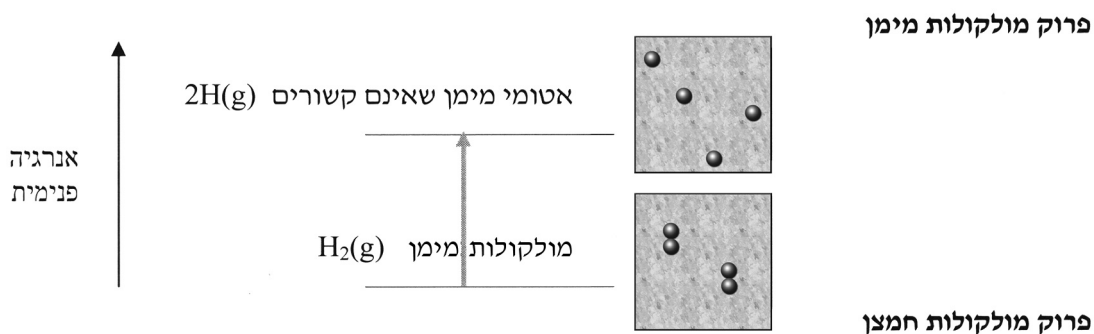
באיור 1 אנו רואים תיאור מיקרוסקופי של החומרים המשתתפים בתגובה.



איור 1 - מודל מיקרוסקופי לתגובה בין מימן וחמצן מסמל אטום חמצן מסמל אטום מימן

האיורים הבאים מתארים שלבים תאורטיים של ניתוק קשרים ויצירת קשרים במהלך התגובה בעזרת ייצוגים שונים: גרפים, מילוליים וחזותיים.

שלב פירוק הקשרים:

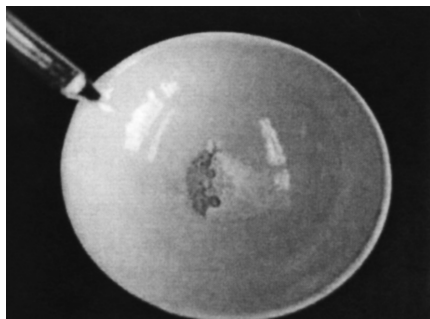


בפרק שזורים ניסויים המדגימים את הרלוונטיות של תגובות אקסותרמיות על ידי הכרה וחקר של כריות חימום שונות, הבנת ההפיכות של תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות ושימוש בדרך ניסויית לחישוב קיבול אנרגיה סגולי של מתכת.

להלן דוגמה לניסוי חובה מפרק ב.

ניסוי 2 – ממגיבים לתוצרים וגם בכיוון הפוך!

חומרים וציוד לקבוצת תלמידים או להדגמה



4 מבחנות מסומנות בספרות 1-4, פיפטת פסטר, מים מזוקקים, ספטולה דקה, אטב עץ, בונזן, גפרורים.

1 גרם $\text{CuSO}_{4(s)}$

1 גרם $\text{CuSO}_{4(s)} \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$

מהלך הניסוי - הרכיבו משקפי מגן! הקפידו לא לשאוף את האבקה! קבלו מהמורה ארבע מבחנות. במבחנות 1 ו-2 מצוי החומר היוני $\text{CuSO}_{4(s)}$.

במבחנות 3-4 מצוי ההידראט $\text{CuSO}_{4(s)} \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$. הידראט הוא חומר יוני מוצק אשר בין היונים שלו כלואות מולקולות מים.

שלב א.

החזיקו בתחתית מבחנה 1 וטפטפו מים באופן הדרגתי.

1. תארו את התצפיות. השוו את התוצר עם החומרים המצויים במבחנות 2 ו-3.

2. מה חשתם כאשר החזקתם את המבחנה?

3. מה התרחש במבחנה 1? התייחסו לארבע רמות ההבנה בכימיה.

שלב ב.

החזיקו את מבחנה 3 עם אטב וחממו **בזהירות** מעל להבת הבונזן כ-4 דקות (או חממו בכורית חרסינה על פלטה חשמלית חמה כ-10 דקות). במהלך החימום ערבבו מדי פעם בעזרת ספטולה.

1. תארו את תצפיותיכם.

2. השוו את התוצר הנשאר במבחנה 3 עם מבחנה 4 ועם החומר המצוי במבחנה 2.

3. האם התקבל בחימום תוצר נוסף? הציעו שיטה לזיהויו.

4. מה התרחש במבחנה 3? התייחסו לארבע רמות ההבנה.

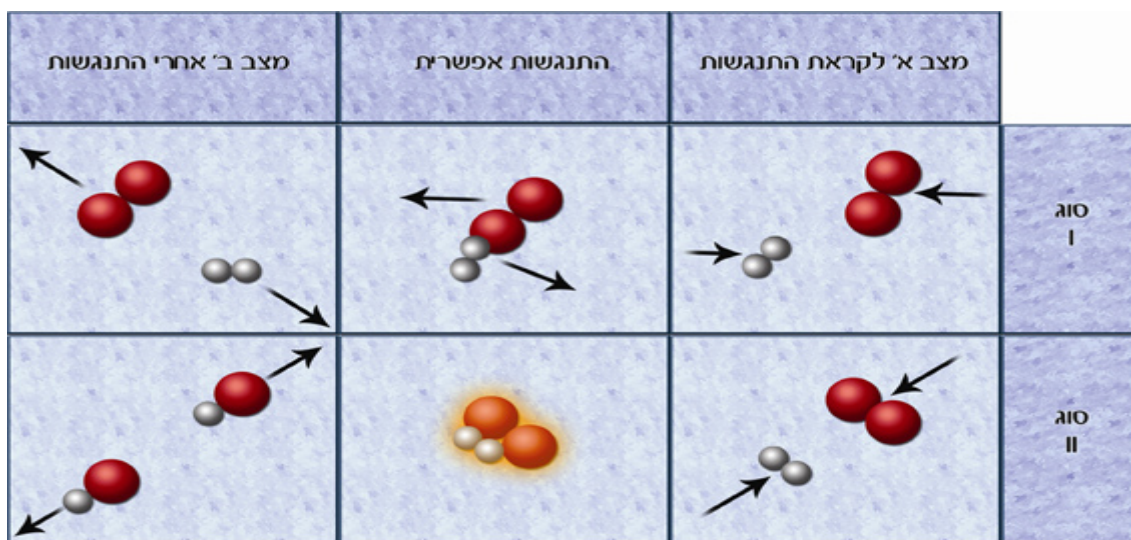
5. מה תוכלו להסיק מהניסוי לגבי שינוי האנתלפיה במהלך התרחשות שתי התגובות שאותן ניסחתם?

6. הגישו דו"ח הכולל תשובות לשאלות הנ"ל.



פרק ג: מקצב תגובות ועד שיווי משקל – מה ואיך?

פרק ג מסביר את המשמעות של קצב תגובה, מציג דרכים למדידתו ומרחיב על הגורמים המשפיעים עליו. התלמידים לומדים על השפעת סוג התגובה, הריכוז ההתחלתי של המגיבים, על הטמפרטורה שבה מתרחשת התגובה ועל מהירותן של תגובות. השפעת הריכוז על קצב תגובה מוצגת בצורה איכותית וכמותית. מוצג מודל ההתנגשויות בין החלקיקים הנותן הסבר להשפעת גורם הטמפרטורה, מורחב המושג של אנרגיית שפעול ומוצגים המושגים זרזים ומנגנון תגובה. להלן איור המופיע ביחידה הממחיש את האפשרויות ליצירת תצמיד משופעל.

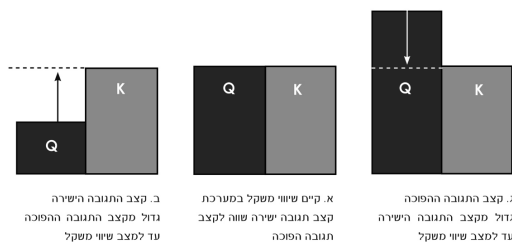


בהמשך פרק ג מוצג מקצב שיווי משקל כימי על כל מאפייניו המאקרוסקופיים והמיקרוסקופיים. בפרק מוצגת המשמעות הדינמית של המקצב במקביל לקביעות בריכוזים של המרכיבים ומשמעותו של קבוע שיווי משקל על פי ריכוזים K_c .

פרק ד: שינויי התנאים בתגובות שיווי משקל - עד כמה זה משפיע?

הפרק עוסק בהיבטים הכמותיים של הפרק שיווי משקל ומתמקד בחישוב ערכו של K_c במצבים שונים וכן בהשפעת שינוי התנאים של המערכת הנמצאת בשיווי משקל.

בין השאר יש הבחנה בין ערכו של Q , מנת הריכוזים ברגע מסוים, לבין ערכו של קבוע שיווי משקל K_c בטמפרטורה נתונה עבור תגובה מסוימת.



פרק ה: מדוע מתרחשות תגובות כימיות?

לאחר הכרת היבטים אנרגטיים וקינטיים המתקיימים בעת התרחשותה של תגובה כימית, חותם פרק זה את היחידה ומציג תשובה איכותית לשאלה מדוע מתרחשות תגובות כימיות. התשובה מתמקדת בהצגת מושג אנטרופיה של מערכת ואנטרופיה של יקום. המושג אנטרופיה של היקום מהווה מדד ליכולת התגובה להתרחש. פרק זה מהווה גם סיום ליחידה וגם בסיס לפרקי התרמודינמיקה בהמשך לימודי הכימיה.

מושג האנטרופיה מוצג תוך כדי הדגשת האפשרויות הרבות לתיאור מצב מיקרוסקופי של מערכות שונות. להלן תיאור תהליך המסה של חומר יוני המהווה חלק מההסבר.

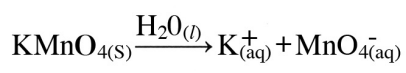
8.24

8.25

8.30

9.50

● מציין מולקולת מים
 ●● מציינים את היונים המרכיבים את המומס



המדריך למורה

במקביל לכתיבת היחידה נכתב מדריך למורה אשר הועלה בחלקו לאתר הטכניון בקיץ ויושלם בקרוב. המדריך למורה מקביל למבנה היחידה וכולל בכל פרק חמישה נושאים:

העשרה: הרחבה מדעית על מושגים המופיעים בפרק.
הוראה: הרחבה הכוללת רעיונות נוספים לגיוון ההוראה כגון דפי עבודה, פעילויות מתוקשבות, חומרי למידה.
הערכה: שאלות נוספות הכוללות גם שאלות שחוברו על-ידי מורים אשר לימדו את היחידה ותשובות לשאלות המופיעות בספר.

ניסויים: התייחסות לניסויים המופיעים בפרק והתאמתם לניסויי חקר ברמות שונות.

מאמרים: הצעות לשילוב מאמרים שונים הרלוונטיים לנושאים המופיעים בכל פרק.

הטמעה בשטח

הטמעת התכנית במהלך תשס"ז התקיימה בשני מישורים: הוראה בכיתות והשתלמויות מורים. בהשתלמויות אשר ארכו כ-12-20 שעות הוצגו התכנים ביחידה, חומרי העשרה, רצף ההוראה והצעות לאסטרטגיות שונות להוראה. 20 מורים נסיינים מרחבי הארץ לימדו את היחידה במהלך השנה. הוראת היחידה הייתה מלווה הן בתמיכה מצד המפתחים והן במתן משוב של המורים על קשיים והצלחות בכיתה.

להלן כמה ציטוטים מתוך דברי המורים:

"ספר חוכמה, יש הבנה של החומר על ידי הגלמיד, הגלמידים מושבים ומציעים אחלק מהדברים בכוחם עצמם באמצעות הדרכה וזה מצוין אדג. הניסויים מעניינים וחובלים אומחשה ושאלו שאלו החלק הטכני החלק אטוב החלק של ההבנה, אני מעדיפה גישה זו, אבא לגלמידים התקשים אחשוב זו צרה צרורה". א.

"אהבתי את ההיצוין, רצף ההוכחה, הכניחה ההכונה והדוגמאות החובלות". ד.

"הסך הכול לגלמידים אהבו את היחידה ונתנו מהניסויים ומהדיונים". א.

להלן כמה ציטוטים מדברי תלמידים:

"הופגעי אטובה מהניסיון אצרום אנו הגלמידים אהבין את החומר". (א.5)

"היה מאד מעניין, אפליים מסוכר ומאגני. מצריך חשיבה". (א.6)

היחידה התקבלה באופן חיובי על ידי המורים והתלמידים. מורים ציינו לחיוב את הדרישה להבנה של מושגים. בבחינת הבגרות האחרונה בחרו תלמידים רבים להשיב על השאלות הקשורות ליחידה זו דבר המעיד על ביטחון התלמידים בידיעותיהם בחומר הנלמד.

מקורות

Dori, Y.J. & Hameiri, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative journal of research in science teaching chemistry problems: symbol, macro, micro and process aspects. Journal of research in science teaching, 40(3), 278-302.

Dori, Y.J. & Sasson I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. Journal of Research in Science Teaching, 45(2).

Gable, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser and K.G. Tobin. International Handbook of Science Education, Part one, 233- 246. Kluwer Academic Pub.

Russel, J.W., & Kozma, R. (2005). Visualizations in chemical education. In J.K. Gilbert (Ed.). Visualization in Science Education. Springer, Dordrecht, The Netherlands

Zohar, A. & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: are they mutually exclusive? The journal of the learning sciences, 12 (2), 145-181.