
רמות הבנה בכימיה

חוקרים מצאו, כי הבעיה המרכזית של תלמידים בהבנת הכימיה נובעת מקושי ביכולתם להבין מושגים בארבע רמות ההבנה במקצוע זה. הקושי של תלמידים לקשר בין רמות ההבנה השונות, יוצר במקרים רבים מושגים בלתי מדעיים ומוטעים. רמות ההבנה בכימיה הן:

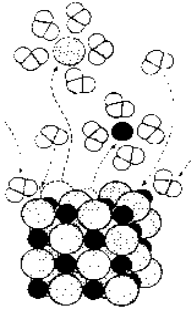
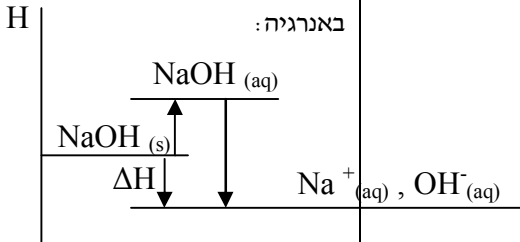
- **רמת התופעה - הרמה המאקרוסקופית (macroscopic)** – זוהי הרמה התחושתית המתייחסת לתופעות אותן ניתן לראות או למשש. ברמה זו, הכימאי מזהה חומרים, מתאר את תכונותיהם ומנסה להכין מהם חומרים חדשים בעלי תכונות חדשות. ברמה זו נכללים תהליכים ותופעות שאחריהן ניתן לעקוב באמצעות שינויים שונים: שינויי בטמפרטורה, שינויי בצבע, שינויי pH, שינויים במוליכות ובמסיסות.
- **הרמה החלקיקית - הרמה המיקרוסקופית (microscopic)** – זוהי 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 הסמל (symbolic)** – הרמה המייצגת את שפת הכימיה. ברמת זו משתמשים בייצוגים מגוונים: סמלים כימיים, נוסחאות כימיות, מודלים, משוואות וגרפים.
- **רמת התהליך (process)** - הרמה המייצגת את הבנת התהליך כימי וכוללת הסבר של סוגי תהליכים ו/או מנגנוני תגובות כימיות. ההסבר במילים או בנוסחאות צריך לבטא את הבנת התהליך המתרחש באמצעות תיאור השינוי שקרה, סוג התהליך, ניסוחו המלא ועוד. רמת התהליך מופיעה בשילוב של עוד רמת הבנה אחת לפחות ומקשרת בין הרמות האחרות.

חשוב לציין כי השימוש ברמות ההבנה מהווה כלי מטה-קוגניטיבי המסייע לתלמיד ולמורה לניטור תשובות מורכבות בכימיה. לא כל שאלה מזמנת תשובה בכל ארבע רמות ההבנה. לפי סוג השאלה יש לשאוף לתשובה של שתיים עד שלש רמות הבנה.

בטבלה שלפניכם מוצגת דוגמה לתשובה מפורטת, בה יש התייחסות לכל רמות ההבנה בכימיה, לשאלה: הסבירו את המתרחש כאשר נתרן הידרוקסידי - $NaOH_{(s)}$ מתמוסס במים.

בהמשך מופיעות מגוון דוגמאות מפרקים שונים בתוכנית הלימודים החדשה.

ניתוח תהליך מסיסות בארבע רמות הבנה בכימיה

<p>רמת התהליך כוללת הבנת סוגי תהליכים ו/או מנגנוני תגובות כימיות. צריכה לבטא את הבנת התהליך המתרחש באמצעות תיאור מילולי של המנגנון המתרחש</p>	<p>רמת הסמל ייצוג חזותי המורכב מסמלים מוסכמים. ייצוג באמצעות נוסחאות, גרף או איור</p>	<p>הרמה החלקיקית מתייחסים לשינויים שחלים בהיערכות החלקיקים המרכיבים את החומרים</p>	<p>רמת התופעה מבחינים בשינויים המתגלים ישירות לחושינו: ראייה, שמיעה, מישוש, ריח, או בסיוע מכשיר כלשהו</p>
<p><u>מתרחש תהליך מיום, בו החלקיקים שבונים את החומר המוצק (היונים) בעלי מטען חיובי ושלילי) מתקשרים למולקולות מים על ידי משיכה חשמלית הדדית. במקום להיות צמודים אלה לאלה, כפי שהיו בחומר המוצק, הם פזורים בין מולקולות המים ונעים איתן.</u> <u>מבחינת האנרגיה, ניתוק הקשרים בין היונים מצריך פחות אנרגיה בהשוואה לכמות האנרגיה הגדולה יותר שנובעת מהיווצרות קשרים חדשים בין היונים לבין מולקולות המים. לכן, יש בתהליך שחרור של אנרגיה אל המים. אנרגיה זו מגבירה את קצב התנועה של מולקולות המים ומורגשת (ניתנת למדידה) עלייה בטמפרטורת התמיסה.</u></p>	<p>$\text{NaOH (s)} \rightarrow \text{Na}^+_{\text{(aq)}} + \text{OH}^-_{\text{(aq)}}$ $\Delta H < 0$ או באמצעות איור:</p>  <p>או איור המבטא את השינוי באנרגיה:</p> 	<p>נוצרים יונים בעלי מטען חיובי (יוני נתרן) ויונים בעלי מטען שלילי (יוני הידרוקסיל) וכל אחד מהם מוקף במולקולות מים. הקטבים החיוביים של מולקולות המים מקיפים את יוני ההידרוקסיל והקטבים השליליים של מולקולות המים מקיפים את יוני הנתרן.</p>	<p>רואים שהחומר "נעלם" במים ומתקבל נוזל שמוליך חשמל, בשונה ממים או מהמוצק נתרן הידרוקסידי, שכל אחד מהם לחוד, לא מוליך חשמל. כמו כן, מנגיעה בכוס הזכוכית שבה מתרחש העירוב שתואר, ניתן לחוש בעלייה של טמפרטורת הנוזל.</p>

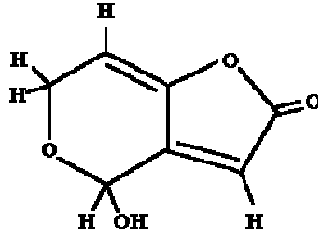
מגוון דוגמאות בנושאים שונים

שאלות מורים ותשובות תלמידים - הדגשת רמות ההבנה בתשובות

דוגמה 1 – הנושא מבנה וקישור

לפניך נוסחת המבנה של הפתולין, מוצק לבן בעל מסה מולרית 154 gr/mol וטמפרטורת היתוך

110°C :



החומר NaI, אף הוא מוצק לבן, בעל מסה מולרית 150 gr/mol אך טמפרטורת ההיתוך שלו היא 662°C . תארו את תהליך היתוך של NaI ואת תהליך ההיתוך של הפתולין. הסברו במה שונים התהליכים זה מזה.

- א. תשובה חלקית ברמת הבנה אחת – מיקרו – הרמה החלקיקית:
בשני החומרים קיימת שבירת קשרים בין חלקיקים, והאריזה הופכת להיות פחות "צפופה".
- ב. תשובה נכונה בשתי רמות הבנה – מיקרו + מאקרו – רמה חלקיקית ורמת התופעה (ללא תהליך):
NaI הוא חומר יוני המורכב מיונים חיוביים ושליילים שביניהם אינטראקציות אלקטרוסטטיות חזקות. לעומתו, הפתולין הוא חומר מולקולרי, בין המולקולות שלו קיימים קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ולס. כאשר מגיעים לטמפרטורת ההיתוך, האינטראקציות נחלשות והחומרים הופכים נוזליים. כיוון שהקשרים היוניים ב - NaI חזקים מקשרי המימן ואינטראקציות הון-דר-ולס בפתולין, טמפרטורת ההיתוך של ה - NaI גבוהה יותר.
- ג. תשובה מלאה: תוספת התהליך – תלמיד שענה את תשובה ב' והוסיף:
על מנת להרחיק את היונים החיוביים והשליליים אלו מאלו, יש להשקיע אנרגיה רבה יותר מזו המושקעת בהרחקת מולקולות הפתולין אלו מאלו, מה שמתבטא בטמפרטורת ההיתוך גבוהה יותר.

דוגמה 2 – הנושא חומצה – בסיס

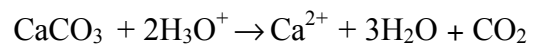
השאלה הופיעה בעקבות קריאת קטע בנושא האלמוגים (הופיע בבחינת בגרות). התלמיד/ה התבקש/ה לאחר קריאת הקטע לענות: מדוע אלמוגים אינם מסוגלים להתקיים במים חומציים?

א. תשובה חלקית ברמת הסמל והתהליך:

אלמוגים אינם יכולים להתקיים במים חומציים משום שברגע שיש חומצה במים היא גורמת לאלמוג CaCO_3 , להתפרק ונפלט CO_2 .

ב. תשובה מלאה ברמת המאקרו – תופעה, המיקרו – חלקיקית, הסמל והתהליך:

מכיוון שהחומר שמהם בנויים אלמוגים - הסידן הפחמתי מגיב עם יוני ההידרוניום במים החומציים ומתפרק וכתוצאה מסתו יורדת.



השלד של האלמוגים יהיה פגיע מאוד במים חומציים, הוא יאוכל, ולכן האלמוגים אינם מסוגלים להתקיים במים חומציים.

דוגמה 3 – הנושא אנרגיה

הזכרי/ בקטע שראית בסרט כלשהו, בו זורקים לפיד בוער לתוך מיכל עם דלק וכתוצאה מכך חל

בו פיצוץ. הרכיב העיקרי בדלק הוא אוקטאן, $\text{C}_8\text{H}_{18(l)}$.

האם שריפת הדלק במיכל, היא תגובה אנדותרמית או אקסותרמית?

נמק/ את בחירתך, תוך התייחסותך למה שמתרחש, ברמות: מאקרו, מיקרו, סמל ותהליך.

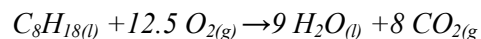
א. תשובה ברמה אחת – מאקרו:

התגובה אקסותרמית, במיכל נוצר פיצוץ ושריפה גדולה.

ב. תשובה בשלש רמות – מאקרו, סמל ותהליך:

התגובה אקסותרמית – בתהליך השריפה מגיבים אוקטאן וחמצן והתוצרים הם פחמן דו

חמצני ומים. התגובה מתרחשת תוך שחרור אנרגיה לסביבה



ג. תשובה בארבע רמות – מאקרו, מיקרו, סמל ותהליך:

שריפת הדלק $\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + 12.5 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 9 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 8 \text{CO}_{2(g)}$ היא תגובה אקסותרמית.

ניתן לראות פליטת אור וגם לחוש בחום בזמן הפיצוץ ואולי אף פצעים, אם עומדים קרוב

מדי, כלומר נפלטת אנרגיה בתהליך. נותקו קשרים קוולנטים במולקולות האוקטאן והחמצן

וקשרי ואן דר ואלס בין מולקולות האוקטאן ונוצרו קשרים חדשים קוולנטים במולקולות

המים והפחמן הדו חמצני שנוצרו. בקשרים החדשים שנוצרו נפלטת אנרגיה רבה יותר

מהאנרגיה שנוצלה בניתוק הקשרים.

דוגמה 4 – בנושא טעם של כימיה - שומנים

הסבר מהי חומצת טרנס.

השאלה מזמנת תשובה ברמת מאקרו ומיקרו.

חלק מהתלמידים שהשיבו לשאלה זו, בחרו לצייר נוסחת מבנה בנוסף להסבר. תשובתם הכילה גם את רמת הסמל.

היו אף תלמידים אשר שילבו את רמת התהליך למרות שלא התבקשו.

ניתן לקבל מגוון תשובות נכונות אשר משלבות שתי רמות הבנה לפחות לפי הנדרש בשאלה.

א. תשובה ברמת המאקרו - תופעה:

חומצת טרנס הינה חומצה לא בריאה לגופנו הנמצאת במרגרינה ונוצרת בתהליכים כימיים בתעשיית המזון, לרוב היא גורמת למרגרינה להיות קשה יותר כי טמפרטורת ההיתוך שלה גבוהה יחסית.

ב. תשובה ברמת מיקרו - חלקיקית:

חומצת טרנס הינה חומצת שומן בלתי רוויה בה סידור המימנים סביב הקשר הכפול הינו במצב טרנס, כלומר המימנים נמצאים משני צידי הקשר הכפול בכיוונים מנוגדים.

ג. תשובה ברמת מיקרו - חלקיקית והמאקרו – תופעה:

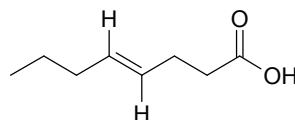
חומצת טרנס הינה חומצת שומן בלתי רוויה בה סידור המימנים סביב הקשר הכפול הינו במצב טרנס, מבנה זה משפיע על טמפי' ההיתוך מכיוון שהוא גורם למולקולה של חומצת השומן טרנס להיות ישרה יותר וללא כיפופים בתוך שרשרת הפחמנים ולכן המולקולות יכולות להתקרב אחת לשניה וליצור אריזה צפופה. מצב זה מחזק את קשרי הון דר ולס שבין המולקולות ועל כן טמפי' ההיתוך* עולה.

ד. תשובה ברמת מיקרו, מאקרו ותהליך:

חומצת טרנס הינה חומצת שומן בלתי רוויה בה סידור המימנים סביב הקשר הכפול הינו במצב טרנס. מבנה זה משפיע על טמפי' ההיתוך בעקבות כוחות ון דר ולס חזקים בין המולקולות. בתהליך בו החומר הופך ממוצק לנוזל, כדי להתגבר על כוח המשיכה בין המולקולות ועל מנת להפריד בניהן יש צורך להשקיע אנרגיה רבה יותר.

ה. תשובה ברמת המיקרו, התהליך והסמל:

חומצות השומן בטבע נמצאות במצב ציס. חומצת שומן טרנס נוצרת בתהליך ההידרוגנציה המתבצע בתעשיית המזון. בתהליך זה על ידי סיפוח מימן לקשר כפול הוא נפתח אך תוצר לוואי הינו לעיתים יצירת קשר כפול מסוג טרנס. דוגמא לחומצת טרנס:



*תכונה הניתנת למדידה

דוגמה 5 – הנושא קריאת אירוע ובעקבותיו שאלת שאלות

אירוע השוקולד לקוח מהספר טעם של כימיה עמ' 53.

משימה 2 :

נסחו שתי שאלות המתעוררות בעקבות קריאת האירוע.

להלן שאלות שניסחו התלמידים.

א. שאלה שהתשובה עליה היא ברמה אחת - ברמת המאקרו - תופעה, ולכן השאלה אינה

מורכבת :

האם קקאו ויין אדום דוחים את זמן קרישת הדם?

ב. שאלה שהתשובה עליה יכולה להיות ברמת מיקרו, סמל ותהליך, שאלה מורכבת :

אילו תגובות חמצון-חיזור מתרחשות בגוף כתוצאה מאכילת שוקולד?

ג. שאלה שהתשובה עליה יכולה להיות ברמת מיקרו, מאקרו ותהליך, שאלה מורכבת :

כיצד כמויות שונות של שוקולד מריר שהאדם אוכל משפיעות על מידת הנזק שנגרם כתוצאה

מחמצון שומני הדם?

דוגמה 5 – הנושא ביוכימיה

בפוליפפטיד של חלבון הקולגן, כל שייר שלישי הוא של החומצה האמינית גליצין. הסבר כיצד

הדבר מסייע לתכונות ולתפקיד של הקולגן בגוף.

א. תשובה ברמת הבנה אחת (מיקרו) :

השייר של החומצה האמינית גליצין בשרשרת הפוליפפטידית הוא בעל הקבוצה הצדדית הקטנה

ביותר (אטום מימן) שמאפשר יצירת מבנה שניוני מסוג אלפא הליקס ומבנה שלישוני סיבי

המאפיין את חלבון הקולגן.

ב. תשובה נכונה בשתי רמות הבנה (מיקרו + מאקרו) וללא תהליך :

השייר של החומצה האמינית גליצין בשרשרת הפוליפפטידית הוא בעל הקבוצה הצדדית הקטנה

ביותר (אטום מימן). קבוצות צדדיות גדולות או טעונות עלולות להפריע ליצירת המבנה השלישוני

של הקולגן – המבנה הסיבי. שינויים במבנה השלישוני של חלבון הקולגן, יפגע ביכולתו לשמש

כחלבון מבנה המרכיב את רקמות החיבור של גוף האדם כגון גידים, רצועות, עור, סחוס ועוד.

ג. רמת המיקרו, המאקרו והתהליך :

השייר של החומצה האמינית גליצין בשרשרת הפוליפפטידית הוא בעל הקבוצה הצדדית הקטנה

ביותר. קבוצות צדדיות גדולות או טעונות עלולות להפריע ליצירת המבנה השלישוני של הקולגן –

המבנה הסיבי. קבוצות צדדיות בעלות מטען נגדי עלולות לגרום למשיכה אלקטרוסטטית בין האטומים / היונים בעוד קבוצות צדדיות בעלות מטען דומה עלולות לגרום לדחייה בין האטומים / היונים. הדבר המשפיע על מסיסות במים ויכולת מתיחה (תכונה הניתנת למדידה).

ד. תוספת ברמת הסמל (לתשובה ג.):

ציור נוסחת מבנה של חומצה אמינית גליצין ו/או נוסחות מבנה של חומצות אמיניות בעלות קבוצה צדדית גדולה וציון כווני המשיכה והדחייה ביניהן.

1. Y.J. Dori and M. Hameiri (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems - Symbol, macro, micro and process aspects. Journal of Research in Science Teaching, 40(3), 278-302.
2. M. Barak and Y.J. Dori (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. Science Education, 89(1), 117-139.
3. Y.J. Dori and I. Sasson (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), 219-250.
4. Z. Kaberman and Y.J. Dori (2008). Question posing, inquiry, and modeling skills of high school chemistry students in the case-based computerized laboratory environment. International Journal of Science and Mathematics Education, 6(4).
5. Z. Kaberman and Y.J. Dori (2008). Metacognition in chemical education: Question posing in the case-based computerized learning environment. Instructional Science, 36(6).
6. Abed, A. & Dori, Y.J. (2007). Fostering question posing and inquiry skills of high school Israeli Arab students in a bilingual chemistry learning environment. Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA, USA.
7. Saar, L. & Y.J. Dori. Emphasizing Thinking Skills and Metacognition through Reading Chemical Articles and Inquiry-Based Experiments. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA, USA, April 2007.

תרמו לכתיבת המסמך:

ד"ר מירי ברק

ד"ר מרים כרמי

פרופ. יהודית דורי

ד"ר אורית הרשקוביץ

ד"ר ליאורה סער

ד"ר צביה קברמן

דוקטורנטיות:

שירלי אברגיל

אדית ויסלברג