

"כימיה, אקלים והמיומנויות שביניהם": העצמת אזרחי העתיד להתמודדות עם האתגרים הגלובליים

ד"ר שלי רפ, ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר שרון גלר, חנאן ג'בארין ופרופ' רון בלונדר

(Ennis, 1985). בהתאם לכך, פאול הגדיר חשיבה ביקורתית כניסיון לבחור עמדות וערכים מתוך שיקול דעת מושכל, ולא באופן אוטומטי (Paul, 1992). פאול ואלדר הגדירו חשיבה ביקורתית כתהליך שמטרתו קבלת החלטות מעשיות וקביעת דרכי פעולה, והוסיפו כי חשיבה ביקורתית קשורה לכל היבטי חיינו (Paul & Elder, 2006). בהקניה של מיומנויות חשיבה ביקורתית, אנו מלמדים את התלמידים להשהות את שיפוטם עד לאיסוף ראיות מספקות. מיומנות זו מצריכה חשיבה עצמאית, יכולת לנסח טענה ולנמקה, על ידי כתיבת טיעונים מבוססים. ניסוח טיעון הוא תהליך קוגניטיבי המסייע בפיתוח הבנת מושגים מדעיים וכישורי חשיבה (Li et al., 2022; Osborne, 2010). למידה כיצד לבנות טיעון משכנע עוזרת לתלמידים לתפוס מושגים מדעיים ולפתח מיומנויות חשיבה מסדר גבוה, ויש לה גם ערך חברתי משמעותי. עיסוק בפעילויות המטפחות מיומנויות טיעון מסייע לתלמידים לשכלל את היכולת לנהל שיחות משמעותיות עם חבריהם. מיומנות זו שימושית בכל תחומי החיים ואינה מוגבלת רק ללימוד מדעים (Jiménez-Aleixandre et al., 2000). עם זאת, תלמידים מתקשים לעיתים קרובות לנסח בעצמם טיעונים ברמה גבוהה, במיוחד כאשר הם בוחרים ומפרשים ממצאים כראיות לתמיכה בטענותיהם (Sandoval & Millwood, 2005). לכן יש צורך בפעילויות המטפחות ומחזקות מיומנויות טיעון, במיוחד עבור פעילויות שנויות במחלוקת בעלות פתרונות מגוונים (Andriessen, 2002; Duschl & Osborne, 2009; Schwarz, 2009). חוקרים הציעו להשתמש בדילמות חברתיות-מדעיות כדי לפתח את יכולתם של תלמידים לנסח טיעונים ולהתמודד עם טיעונים, מכיוון שהם נוטים להיות מעורפלים ולא חד-משמעיים (Dawson & Venville, 2010; Jafari & Meisert, 2021; Karpudewan & Roth, 2018; Zohar & Nemet, 2002). כדי לנסח טיעון ברמה גבוהה בנושאים עכשוויים, יש לנתח מידע המתקבל ממקורות שונים, כגון סרטונים, מאמרים, טבלאות, גרפים ונתונים מעובדים. שלושת מקורות המידע האחרונים שייכים לקטגוריה של אוריינות נתונים, ובחרנו להתמקד בהם ביחידות שפיתחנו.

אחת המטרות העיקריות של מערכת חינוך היא להכין את התלמידים לחייהם הבוגרים ולצייד אותם בידע ובכישורים הנדרשים שיאפשרו להם להתמודד עם אתגרים עתידיים (OECD, 2018).

בימינו, עם האצת ההתפתחויות הטכנולוגיות, הכמות העצומה של מידע חדש הזמין באינטרנט, ואפילו האפשרות לשוחח עם כלי בינה מלאכותית, יוצרות בעבור החינוך ואנשי החינוך סביבה משתנה ללא הרף. שינויים אלו הובילו את קובעי המדיניות, המחנכים ומערכות החינוך ברחבי העולם להבין שיש להרחיב את ערכת הכלים והמיומנויות שבהן תלמידים משתמשים במערכת החינוך הנוכחית (Ministry of Education, 2020). יש להקנות לתלמידים כמה וכמה מיומנויות כאלה, הנחשבות ל"חובה", באופן מפורש, באמצעות הכשרה שיטתית ויעילה (El Soufi & See, 2019). ביחידות הלימוד שפיתחנו, ושנרחיב עליהן בהמשך, בחרנו להתמקד במיומנויות הקוגניטיביות הבאות: אוריינות מידע, חשיבה ביקורתית, בניית טיעון ואוריינות מתמטית, שנמצאו חיוניות לצריכה ביקורתית של מידע מדעי (Cardetti & LeMay, 2019). הנושא שהשתמשנו בו להקניית מיומנויות אלו הוא שינוי האקלים, ותחום התוכן הוא הכימיה, המהווה בסיס להבנה והתמודדות עם אתגר זה (Cole-Hamilton, 2020).

בחלק הראשון נרחיב על כל אחת מהמיומנויות ובחלק השני נסביר מדוע בחרנו בשינוי האקלים וכיצד נושא זה הוא בסיס להקניית מיומנויות אלו. בחלק השלישי נציג את ניתוחן של חלק מיחידות ההוראה, ולבסוף נתאר את חומרי הלמידה שפיתחנו בהתאם למיומנויות שנבחרו.

מיומנויות דמות הבוגרת והבוגר

במסמך שפרסם משרד החינוך בשם "מיומנויות דמות הבוגרת והבוגר" (Ministry of Education, 2020) מודגשת החשיבות של הכללת מיומנויות שונות בתוכנית הלימודים בבית הספר, ובפרט מיומנות החשיבה הביקורתית. חשיבה ביקורתית היא פעילות רפלקטיבית שקולה ומעשית, המתמקדת בהחלטה למה להאמין וכיצד לפעול

1 קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. הכתבה מבוססת על מאמר שפורסם בכתב העת Chemistry Teacher International, 5(2), 143-154 Rap et al., (2023) "Chemistry, climate and the skills in between": mapping cognitive skills in an innovative program designed to empower future citizens to address global challenges

התמודדות עם אתגרים מבוססי נתונים מצריכה שימוש באוריינות מתמטית. אוריינות מתמטית היא היכולת של אדם להגיב מתמטית ולנסח, להפעיל ולפרש מתמטיקה כדי לפתור בעיות במגוון הקשרים בעולם האמיתי. אוריינות זו כוללת מושגים, נהלים, עובדות וכלים לתיאור, הסבר וחיזוי של תופעות. היא עוזרת לאנשים להכיר את התפקיד שהמתמטיקה ממלאת בעולם ולקבל החלטות מבוססות הנחוצות לאזרחים מעורבים (OECD, 2022).

מחובתנו, כמחנכים לכימיה, לצייד את תלמידינו במיומנויות הנדרשות כדי להעריך ולנתח ביעילות את המידע הרחב והמגוון העומד לרשותם בזמן שהם מיישמים את הידע שלהם בכימיה. הערכה זו מצריכה מגוון מיומנויות ויכולות הקשורות זו לזו. יתרה מכך, הדבר יאפשר לתלמידים לקבל החלטות אחראיות על סמך ראיות במקום להסתמך רק על אינטואיציה (Rap et al., 2022; Walsh & McGowan, 2017).

שינוי האקלים כהקשר לחיזוק מיומנויות

אנו חיים בעידן שבו מדענים מצביעים על שינויים בטמפרטורות הנמדדות על פני היבשה והאוקיינוסים, על רמת החומציות הגוברת באוקיינוסים, כמו גם על מגמות חריגות בשינויים עונתיים ובתופעות מזג אוויר, כגון סופות, הוריקנים, בצורות ושיטפונות. שינויים אלו נגרמים ישירות מההתחממות הגלובלית, הנובעת מפליטות עולמיות של גזי חממה על ידי בני אדם, בעיקר עקב שימוש בדלקים מאובנים. הסכם פריז המליץ להגביל את ההתחממות ל-2 מעלות צלזיוס לכל היותר (עם עדיפות ל-1.5 מעלות צלזיוס), בהשוואה לטמפרטורות שהיו בתקופת המהפכה הטרומ-תעשייתית, עד סוף המאה ה-21 - כדי למזער את הנזקים הצפויים מההתחממות הגלובלית (Jayaraman, 2015).

הבנת שינוי האקלים מבוססת על מחקר מדעי שלא תמיד ידוע לציבור הרחב. לכן דעות חסרות בסיס, מידע לא מבוסס ואפילו חדשות מזויפות נוכחים בחיינו. מסיבה זו, פיתוח מיומנות של חשיבה ביקורתית הוא רלוונטי וחשוב כאחד. הרלוונטיות גבוהה מאוד בעבור כל תושבי כדור הארץ, ללא קשר לגיאוגרפיה או למצב סוציו-אקונומי. יתרה מכך, גיבוש דעה אישית, עצמאית ומושכלת בנוגע למשבר זה חיוני בעבור כל אחד. לחינוך תפקיד חשוב בהקשר של טיפול בנושא שינוי האקלים. תפקיד החינוך הוא להעלות את המודעות של התלמידים לבעיה, לעודד אותם לנקוט פעולה מתאימה בתוך הקהילות שלהם, ולקדם דור חדש של מדענים וקובעי מדיניות אשר יפתחו פתרונות חדשניים למשבר (Unites Nations, n.d).

כתוצאה מהצורך ההולך וגובר ולנוכח תפקידו החשוב של החינוך, פותחו תוכניות שמטרתן להוביל להבנה טובה יותר של נושא זה. לדוגמה, בתוכנית אחת תיארו את השימוש בדוגמאות של תרחישים שונים של שינויי אקלים כדי ללמד את

התלמידים מיומנויות טיעון (Dawson, V. & Carson, K. 2017). בתוכנית אחרת הדגישו את פיתוח החשיבה הביקורתית, על ידי ניתוח גרפים ונתונים מתמטיים הקשורים לשינויי אקלים (Romero Ariza et al., 2021). בתוכנית שפותחה לאחרונה בקבוצת הכימיה במכון ויצמן, "דברו אליי במספרים", נעשה שימוש בהקניית מיומנויות טיעון וחשיבה ביקורתית לפיתוח סוכנות של תלמידים לקידום שינוי חיובי בנושאי קיימות בסביבתם הקרובה, לרבות התמודדות עם שינוי האקלים. בתוכנית זו, התלמידים נחשפו לכמה סוגיות של שינוי אקלים, ולאחר מכן נדרשו לחפש נתונים רלוונטיים המוצגים בגרפים או בטבלאות, המתייחסים לבעיה או אתגר מסוימים. בהתבסס על הנתונים, התלמידים התבקשו להסיק מסקנות ולהעלות טיעונים מבוססי נתונים, על ידי ניתוח מתמטי של הנתונים (Rap et al., 2022). בנוסף פותחה בקבוצת הכימיה במכון ויצמן התוכנית "כימיה, אקלים והמספרים שביניהם".

"כימיה, אקלים והמספרים שביניהם"

הפעילויות שפיתחנו במסגרת פרויקט "כימיה, אקלים והמספרים שביניהם" מתאימות לשיעורי הכימיה בתיכון. לכן התמקדנו בהיבטים הכימיים של שינוי האקלים, בקשר שבין פעולות האדם להתחממות כדור הארץ ובמציאת פתרונות טכנולוגיים למשבר, בדגש על העקרונות הכימיים של פתרונות אלה. התוכנית מורכבת משלוש יחידות העוסקות בשינויי אקלים. כל יחידה נפתחת בשאלה או דילמה שהתלמידים מתבקשים להתייחס אליה על סמך ידע קודם שלהם. לאף אחת מהדילמות אין פתרון יחיד או "נכון". לדוגמה, ביחידה "דלק או סוללה? זו השאלה" שאלת הפתיחה היא:

נושא שינוי האקלים בכלל וההתחממות הגלובלית בפרט מעסיקים ראשי מדינות, שרים בממשלה, בעלי תפקידים בכל המגזרים ואת כולנו, אזרחי הכפר הגלובאלי. יש הטוענים שרכב חשמלי "רוק" יותר מרכב עם מנוע בעירה פנימי (המונע על ידי דלק) ובכך מהווה פתרון לבעיית ההתחממות הגלובלית. מה דעתך לגבי טענה זו? נמקד!

המטרה שלנו בפיתוח יחידות אלו הייתה לחשוף את התלמידים לכיווני מחשבה שונים ולעודד אותם להשהות שיפוט, לחשוב בביקורתיות ולהגיע להחלטה מבוססת נתונים על בסיס הכימיה הרלוונטית לנושא. יחידה אחת עוסקת בגז טבעי ואם נכון להשתמש בו (במצב האנרגיה בישראל) כמקור אנרגיה עד לסיום המעבר לאנרגיות מתחדשות. כדי לענות על שאלה זו, התלמידים לומדים על היתרונות והחסרונות של שימוש בגז הטבעי והשפעותיו על הסביבה. יחידה שנייה עוסקת בפאנלים סולריים, מה שמעלה את השאלה אם הפאנלים הסולריים הם הפתרון האידיאלי לנושא שינוי האקלים. התלמידים מתוודעים לכימיה של הפאנלים הסולריים, כמו גם לטביעת

אוריינות מדעית ומתמטית 7. אוריינות כמותית ומדעית להבין מספרים, כמויות, מערכות ייצוג מתמטיות להבין מערכות ייצוג שונות (רמות שונות: מאקרו, מיקרו, סמל) 8. אוריינות נתונים לעבד נתונים סטטיסטיים, לזהות הטיות וכשלים בהסקת מסקנות 9. התמצאות מדעית להבחין בין שאלות מדעיות לשאלות לא מדעיות, להכיר מאפיינים של מחקר מדעי 10. הסבר מדעי של תופעות להשתמש בידע לתיאור והסבר של תופעות, לזהות בעיות בהסברים מדעיים, לחבר בין רעיונות בתחומי דעת שונים, לבנות מודלים להסבר, להפעיל חשיבה מערכתית 11. תכנון ביצוע והערכת מחקר 12. פרשנות מדעית של נתונים וראיות להעריך ראיות וטיעונים ממקורות שונים, להבחין בין טיעונים מבוססים לכאלה שאינם, לנתח תוצאות, לזהות השלכות על סוגיות חברתיות, סביבתיות וכדומה.	אוריינות לשונית 1. איתור מידע, פרשנות והיסק לאתר מידע ולאחזרו, להבין את מטרת הטקסט, לזהות רעיונות מרכזיים ולדלות פרטים חשובים, להבין מידע משתמע, להסיק מסקנות 2. מיזוג מידע להבין את מטרות ההשוואה והמיזוג 3. הערכה לבחון טקסט באופן ביקורתי 4. ייצוג משמעויות בכתב ובעל פה השתתפות בדיון, הצגת מידע בכתב ובעל פה 5. בנייה וארגון של טקסט דיבור או כתוב 6. הצגה ושכנוע להציג טיעון מנומק
חשיבה יצירתית 17. סקרנות ומקוריות 18. גמישות מחשבתית 19. תעוזה והתמדה 20. יצירת הקשרים חדשים 21. יישום ליישם מושגים שנלמדו בתוכנית הלימודים על תופעות חדשות	חשיבה ביקורתית 13. הערכת מידע ומקורות מידע להבחין בין עמדות, דעות, עובדות, לזהות תעמולה ומניפולציה 14. טיעון לנסח טענה ולהצדיקה, לזהות הטעיות וכשלים לוגיים 15. קבלת החלטות 16. הטלת ספק חשיבה עצמאית, השהיית שיפוט
אוריינות דיגיטלית 27. צריכה וייצוג של תוכן במדיה דיגיטלית להשתמש בכלים דיגיטליים שונים	אוריינות מידע 22. איתור מידע 23. הערכת מידע 24. ארגון מידע 25. שימוש במידע 26. ייצוג מידע

טבלה 1: מיומנויות קוגניטיביות על פי מסמך דמות הבוגרת והבוגר (Ministry of Education, 2020)

על פער זה. בכל אחת מהיחידות מיפינו את המיומנויות הקוגניטיביות על פי מסמך "דמות הבוגר" (טבלה 1).

אנו מציגים כאן דוגמה מהיחידה "גז טבעי - טבעי שנזרום?" שבה פרט למיפוי המיומנויות שהיא מפתחת, אפשר לראות את שילוב המושגים מעולם הכימיה, ויותר מכך, בזכות הבנת המושגים הכימיים, התלמיד מקבל ביסוס מספרי והסבר מדעי לטענותיו. נוסף על כך, עיון במשימות לתלמיד מצריך מיומנות של קריאת גרפים והסקת מסקנות.

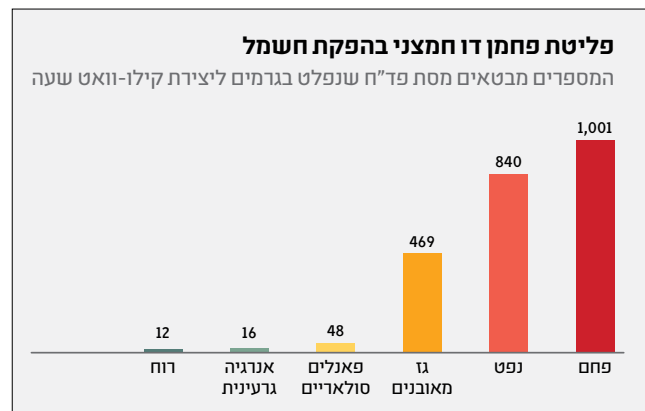
הרגל הפחמנית שלהם. לאחר מכן הם מתבקשים לבסס את מסקנתם על מה שלמדו. היחידה השלישית עוסקת במכוניות חשמליות כאמצעי לצמצום פליטת פחמן דו-חמצני, התלמידים לומדים על מנוע בעירה פנימי ועל מנגנון הפעולה של הסוללות במכוניות חשמליות. על סמך מידע זה ונתונים נוספים, הם מתבקשים להחליט אם המכונית החשמלית אכן "ירוקה יותר". כיום קיים מחסור בתוכניות חינוכיות שיכולות להפוך את רעיון הוראת המיומנויות לשינויים משמעותיים בהקניית המיומנויות (Zohar & Bushrian, 2020). היחידות שפיתחנו מנסות לגשר

הקשר בין דלק, פחמן דו-חמצני ואנרגיה

1. חשבו כמה אנרגיה וכמה מול פחמן דו-חמצני ייפלטו בשריפת 1 ק"ג דלק מכל סוג. מלאו את הטבלה הבאה (הראו חישובים):

סוג הדלק	כמות אנרגיה הנפלטת בשריפת 1 ק"ג דלק - Q	מול פחמן דו-חמצני
גז מתאן "גז מאובנים"		
איזואוקטן		
"אוקטאן 95" (בהנחה שהדלק מורכב מ-95% איזואוקטאן ו-5% הפטאן אחוז משקלי)		

2. מנו שני יתרונות לשימוש בגז לעומת השימוש בנפט לאור הנתונים בטבלה.



3. האירור הבא מציג את הקשר בין מסת הפחמן הדו-חמצני הנפלטת ליצירת יחידת אנרגיה לבין מקורות אנרגיה שונים. ענו על השאלות הבאות:
 - א. מה מציין כל ציר בגרף?
 - ב. מהן היחידות של הצירים? (אם קיימים)
 - ג. אילו מקורות אנרגיה מוצגים בגרף?
 - ד. מבין כל מקורות האנרגיה, אילו מקורות אנרגיה פולטים את הכמות הגדולה ביותר של פחמן דו-חמצני ליחידת אנרגיה? מה המשותף למקורות אלו?
 - ה. מבין מקורות האנרגיה שציינתם, מהו מקור האנרגיה שבמהלך שריפתו פולט את הכמות הגדולה ביותר של פחמן דו-חמצני ליחידת אנרגיה?

1. האם תוכלו לתת הסבר מדעי לתופעה אשר מוצגת בגרף?

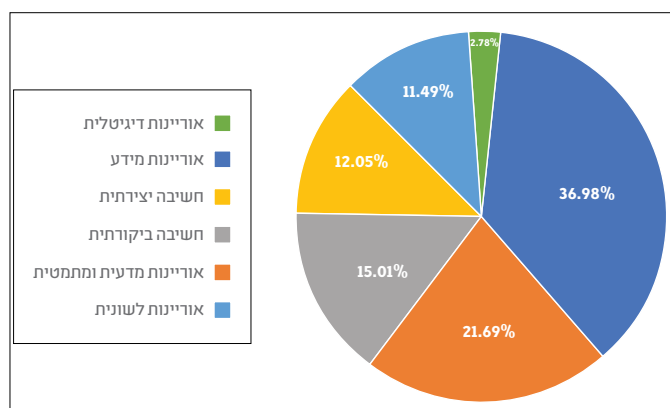
4. ערן רוצה לשכנע את הוריו להתקין מתקנים סולאריים על גג ביתם, כדי לעבור לייצור חשמל מאנרגיית השמש. אילו נתונים עליו להציג להוריו על מנת לשכנעם? אילו נתונים חסרים לערן על מנת לשכנע את הוריו לעשות את השינוי? נסחו את השיעור של ערן להוריו.

5. בשנים האחרונות הוחלט בחברת החשמל על צמצום בשימוש בתחנות פחמיות (ששורפות פחם) ולעבור לשימוש בשריפת גז. מה דעתכם על מעבר זה?

6. שתי תחנות אנרגיה מפיקות כמות זהה של אנרגיה ביום נתון. האחת עושה שימוש בשריפת מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$ ואילו השנייה עושה שימוש בשריפת מזוט. (לצורך חישוב התשובה נשתמש במרכיב אחד של המזוט: איזואוקטאן, $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$). באיזו תחנה תיפלט כמות רבה יותר של פחמן דו-חמצני? הראו חישובים.

כמו שעולה מהמפוי, רוב הסעיפים מצריכים רכיב לשוני, כמו גם אוריינות מדעית ומתמטית. בנוסף, מיומנויות חשיבה ביקורתית ויצירתית מלוות אף הן את היחידה. ייתכן שתלמידים אינם נדרשים לכלל המיומנויות האלה בשיעורי הכימיה הרגילים, ושאלה כמו בסעיף 4, לדוגמה, מצריכה יכולת טיעון ושכנוע. לשם כך יש צורך במגוון מיומנויות שאפשר לנצל בהקשרים שונים בחיים האמיתיים. על התלמידים לבסס את טיעוניהם תוך שימוש במקורות מידע שונים ומגוונים, להעריך את אמינות מקורות המידע, לשלב אותם ולחפש נתונים נוספים שאולי חסרים להם לצורך הטיעון, וכן עליהם לנסח את הטענות ולארגן אותן בהתאם. המשימה זורעת נתונים המקשרים ליחידה "אם יש לך שמש" (העוסקת בכימיה של הפאנלים הסולריים ובדילמת השימוש בהם), מאחר שבגרף מופיעות פליטות הקשורות לפאנלים סולריים.

לאחר מיפוי המיומנויות בשלוש היחידות שפיתחנו, מצאנו ששלושתן כוללות בסך הכול 205 שאלות ובהן סוגו 1079 מיומנויות. תרשים 1 ממחיש את התפלגות כלל המיומנויות העיקריות של היחידה.



תרשים 1: מיפוי המיומנויות הקוגניטיביות ביחידות

ניכר בתרשים שרוב המיומנויות הקוגניטיביות ביחידות, כצפוי בשיעור כימיה, כרוכות באוריינות לשונית, מתמטית ומדעית. עם זאת, חשיבה ביקורתית (הכוללת גם את מיומנות בניית הטיעון) ומיומנות חשיבה יצירתית אף הן רכיב חשוב ביחידות אלה. היחידות פותחו במטרה לחזק ולקדם מיומנויות אלה וניכר כי הן נדרשות בנוסף לרכישת ידע מדעי. התלמידים נדרשים גם לחפש מידע רלוונטי באינטרנט ולבחור אם להשתמש בו, באמצעות אוריינות דיגיטלית ואוריינות מידע כדי לענות על שאלת הדילמה המרכזית.

מעבר לחשיבות המיומנויות, שמנו לנו דגש להקנות אותן על בסיס נושאים בתוכנית הלימודים בכימיה, וכן להשתמש בתוך כך בידע הכימי של התלמיד כדי להסביר תופעות הקשורות לשינוי האקלים. נביא כאן שתי דוגמאות קטנות מתוך היחידה "גז טבעי - טבעי שנוזר?"

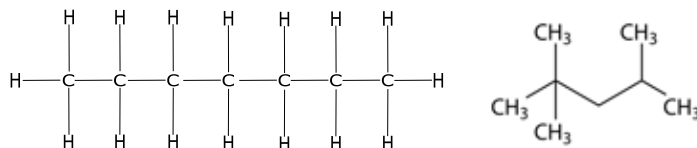
הסעיף	מיומנויות על	פירוט המיומנויות הנדרשות (לפי טבלה 1)
שאלה 1	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית	8, 7, 1
שאלה 2	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית 3. חשיבה ביקורתית 4. חשיבה יצירתית	10, 7, 3, 2, 1 21, 18, 16, 12
שאלה 3א'	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית	7, 1
שאלה 3ב'	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית	8, 7, 1
שאלה 3ג'	1. אוריינות לשונית	1
שאלה 3ד'	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית	7, 1
שאלה 3ה'	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית	8, 7, 1
שאלה 3ו'	1. אוריינות לשונית 2. חשיבה יצירתית	21, 12, 10, 8, 7
שאלה 4	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית 3. חשיבה ביקורתית	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 15, 14, 13, 12, 10, 16
שאלה 5	1. אוריינות מדעית ומתמטית 2. חשיבה יצירתית	20, 18, 12, 8, 7
שאלה 6	1. אוריינות לשונית 2. אוריינות מדעית ומתמטית 3. חשיבה ביקורתית	16, 12, 8, 7, 3, 2, 1

טבלה 2: מיפוי המיומנויות בחלק מיחידת הגז הטבעי

דלק אוקטן 95

רוב המכניות, המונעות מבנזין, נוסעות כיום באמצעות שריפת דלק אוקטן 95. אוקטן 95 זוהי בעצם תערובת של פחמימנים שמבחינת יעילותה היא כמו תערובת של 95% איזואוקטאן ו-5% הפטאן.

1. להלן נוסחאות המבנה של המולקולות של שני החומרים.



רשמו למולקולות של חומרים אלו נוסחאות מולקולריות.

2. האם שני החומרים הינם איזומרים? נמקו.

3. נסחו ואזנו את תגובות השריפה של איזואוקטאן ושל הפטאן.

4. דלק אוקטן 95 הוא תערובת. הציעו דרך ניסיונית שתתמוך בקביעה זו.

תהליכי פירוק של מתאן אטמוספרי

באטמוספירה של כדור הארץ קיימים צורונים אשר נקראים "רדיקלים חופשיים". רדיקלים חופשיים הם מצב של אטומים או מולקולות שבו יש להם אלקטרונים לא מזווגים. המצב הזה אינו יציב, ועל כן רדיקלים חופשיים הם צורונים פעילים מאוד מבחינה כימית, והם נוטים להרוס קשרים יציבים הקיימים במולקולות אחרות. לאחד הרדיקלים הקיימים באטמוספירה, רדיקל ההידרוקסיל, יש תפקיד חשוב, שכן הוא עוזר "לסלק" מהאטמוספירה מולקולות מתאן, על ידי פירוקן בשני תהליכי שרשרת שונים.

תהליך 2	תהליך 1
$\text{CH}_4 + \cdot\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_3\cdot + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_4 + \cdot\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_3\cdot + \text{H}_2\text{O}$
$\text{CH}_3\cdot + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{O}_2\cdot$	$\text{CH}_3\cdot + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{O}_2\cdot$
$\text{CH}_3\text{O}_2\cdot + \text{HO}_2\cdot \longrightarrow \text{CH}_3\text{O}_2\text{H} + \text{O}_2$	$\text{CH}_3\text{O}_2\cdot + \text{NO} \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{CH}_3\text{O}\cdot$
$\text{CH}_3\text{O}_2\text{H} \longrightarrow \text{CH}_3\text{O}\cdot + \cdot\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{O}\cdot + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HO}_2\cdot + \text{HCHO}$
$\text{CH}_3\text{O}\cdot + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HO}_2\cdot + \text{HCHO}$	$\text{HO}_2\cdot + \text{NO} \longrightarrow \text{NO}_2 + \cdot\text{OH}$

כתוצאה מהתהליכים האלה, זמן החיים של מולקולות המתאן באטמוספירה הוא כ-12 שנים. מולקולות פחמן דו-חמצני אינן עוברות תהליכים דומים, ולכן זמן החיים שלהן באטמוספירה גדול בהרבה: כ-1000 שנים, על פי רוב האומדנים.

1. נסו להסביר במונחים של מבנה, קישור ואנרגיה מדוע מולקולות מתאן מתפרקות בנוכחות רדיקלים חופשיים ואילו מולקולות פחמן דו-חמצני אינן מתפרקות.

2. אילו נתונים הייתם מציגים על מנת לתמוך בהשערתכם?

שימוש בטכנולוגיות דיגיטליות בהוראת היחידות

המיומנות הדיגיטלית, אשר מאפשרת לתלמיד לעשות שימוש בכלים דיגיטליים, עמדה לנגד עינינו, כאשר בחרנו לבנות את שלוש היחידות בפלטפורמת "פטל". "פטל" היא סביבת למידה מותאמת אישית להוראת הכימיה (ומקצועות מדעיים נוספים), אשר פותחה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן. במהלך הלמידה ב"פטל" נחשף התלמיד ללמידה מקוונת, ועושה שימוש בכלים דיגיטליים מגוונים, כגון, חקר של אתרים אינטראקטיביים, ניתוח סרטוני מידע, וכן שימוש בקטעי אוריינות מדעיים נוספים. הפלטפורמה תומכת במגוון רחב של סגנונות למידה, החל מלמידה עצמית של הלומד, דרך עבודת צוות וכלה בהוראה בהובלת המורה - ולכן היא מתאימה לפיתוח יחידות לימוד אשר מאפשרות שילוב סגנונות פדגוגיים, בהתאם לסגנונו של כל מורה.

יש לציין שאפשר ללמד את היחידות תוך שימוש בטכנולוגיות אלו גם ללא הפלטפורמה של "פטל", אך הניטור וההערכה של עבודת התלמידים יהיו מורכבים יותר, שכן המערכת משמשת סביבה דיגיטלית המאפשרת למורה לארגן ולנהל את רצף הלימוד ביחידות ולעקוב בזמן אמת אחר התקדמות התלמידים ביישום המיומנויות.

לסיכום

מחקרים רבים הראו את התועלת הטמונה בהוספת הקשר מחיי היומיום המוכר לתלמידים כדי לשפר את כישורי החשיבה הביקורתית שלהם (Awofala & Lawal, 2022). יתר על כן, נמצא כי לנושאים חברתיים-מדעיים בכלל ולנושא שינוי האקלים בפרט יש פוטנציאל לתמוך בטיעונים ולספק הקשרים משמעותיים לפרשנות גרפים ולניתוח נתונים (Dawson & Carson, 2017; Romero Ariza et al., 2021).

ברוח זו, היחידות שיצרנו שואפות לפתח מיומנויות אלו ולהכין בוגרים בעלי יכולת לאמץ נקודת מבט ביקורתית ומבוססת כלפי העולם. מיפוי המיומנויות הנדרשות בתוכנית העלה כי אפשר לנצל את היחידות הללו להקניה ותרגול של מיומנויות רבות בתוך שיעורי הכימיה. התוכנית מציגה הזדמנויות להדגים כי כימיה, הנחשבת למדע המרכזי (Mahaffy et al., 2019), באמת ראויה לכינוי זה בשל יכולתה להבהיר תופעות שונות שיש להן פוטנציאל להשפיע על חיינו כיום ובעתיד. כימיה היא תחום יצירתי, שיכול לנצל גישות ירוקות ומשאבים בני קיימא ולהפוך חומרים למוצרים חדשים המשפיעים על היבטים שונים של החיים המודרניים (Shuai et al., 2014). לכן יש חשיבות רבה להראות לתלמידים בעיות ממשיות בעולם באמצעות "עדשות כימיות", ובכך להעניק להם הבנה מקיפה וכן לפתח בהם מיומנויות ושקולים התואמים הבנה זו.

מקורות

לצפייה ברשימת המקורות למאמר זה יש להכנס [לקישור](#).

