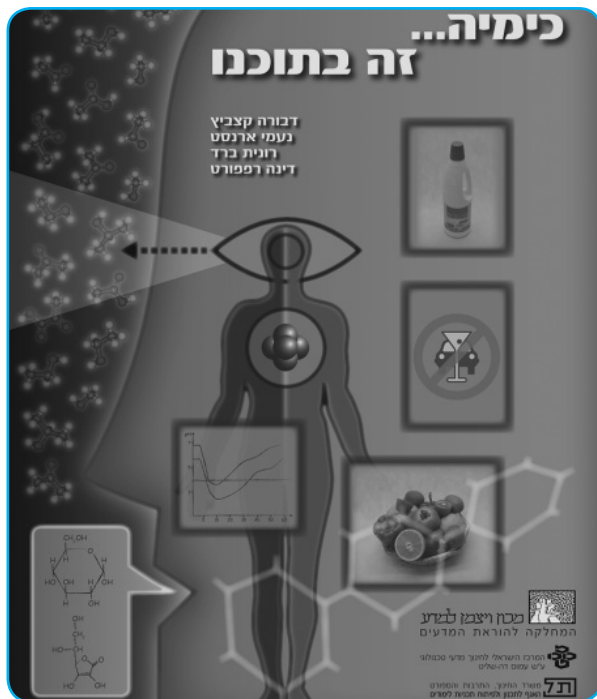


על-כימיה "כימיה... זה בתוכנו"

דבורה קצביץ*



נוספות הן אלה:

- הכרת הכימיה בחיי היומיום והדגשת הקשר שלה למציאות היומיומית במטרה להפוך אותה לרלוונטית ללומדים.
 - קישור הכימיה לחברה שבה הלומדים מתפקדים במגמה לבנות קשר בין הכימיה לבין הנושאים שהלומדים מגלים עניין בהם. לדוגמה: הכימיה בשירות המטרה, הכימיה בייצור תרופות, הכימיה בתעשיית המזון וכדומה.
 - הצגת הכימיה כמקצוע משיק למקצועות מדעיים נוספים – כגון פיזיקה, ביולוגיה, חקלאות, רפואה, מדעי כדור הארץ והסביבה – וכצומת מדעי חשוב במפגש בין הפיזיקה, הביולוגיה והטכנולוגיה.
- נוסף על כך התכנית החדשה מציגה את העקרונות

המבנית "כימיה... זה בתוכנו" הנה מבנית בחירה במסגרת תכנית הלימודים החדשה בכימיה. המבנית פותחה בקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, בראשותו של פרופ' אבי הופשטיין. **ריכוז הצוות:** דבורה קצביץ, **צוות הפיתוח והכתיבה:** דבורה קצביץ, נעמי ארנסט, רות ברד ודינה רפפורט, **יועצים פדגוגיים:** פרופ' אבי הופשטיין וד"ר רחל ממלוק-נעמן, **יועצת מדעית:** פרופ' דניאלה גולדפרב.

רקע

רפורמות בחינוך המדעי בארץ ובעולם כולו דורשות בחינה מחדש של התכנים והפדגוגיה של הוראת המדעים. אחת המטרות העיקריות שצוינו במסמך הסטנדרטים החדשים של הוראת המדעים בארה"ב, היא לאפשר לתלמידים להכיר ולהבין את העולם הסובב אותם; לשם כך יש ליישם בהוראת המדע את השיטות ואת הפדגוגיה המתאימות ולשתף את התלמידים בשיחות ובדיונים חברתיים בהקשרים מדעיים וטכנולוגיים. עוד יש לדאוג שהוראת המדע בכלל – והכימיה בפרט – תיעשה בהקשרים אותנטיים ורלוונטיים לתלמידים ולחברה שבה הם חיים. הוראת הכימיה בהקשרים מעלה את המוטיבציה ללמידה ומציגה את הכימיה כרלוונטית וכמשמעותית בתחומים שרבים מהם אינם מזהים על-ידי התלמידים כקשורים עם מקצוע הכימיה. מקצת הדוגמאות לכך הן תגובות המתרחשות בתוך גופנו, תחום הרפואה ותחום ההייטק. (Mamluk-Naaman, Fortus, Dershimer, Krajcike, and Marx, 2005; Hofstein and Kesner, 2006).

בכל הנוגע לתכנית הלימודים החדשה בהיקף של שלוש יחידות לימוד, הציבה לעצמה ועדת המקצוע בכימיה מטרה מרכזית שלפיה יש לפתח אוריינות כימית אצל התלמידים על-ידי הוראת כימיה בהקשרים. מטרות-על

* דבורה קצביץ, דוקטורנטית בהנחיית פרופ' אבי הופשטיין וד"ר רחל ממלוק-נעמן, המחלקה להוראת המדעים, קבוצת הכימיה, מכון ויצמן למדע.

הפדגוגיים האלה:

● שינוי גישת ההוראה

תכנית הלימודים החדשה בהיקף של 3 יח"ל משלבת את גישת ההוראה הקיימת – שבמרכזה מהות **מבנה הדעת** של הכימיה – עם **ההוראה בהקשרים**, גישה שעל פיה מלמדים נושאים מרכזיים בהקשר מתאים, כדי להבין את הרעיונות המרכזיים של התחום ודרכם את המושגים הנדרשים.

● שימוש במגוון דרכי ההוראה להגברת מוטיבציה ולפיתוח החשיבה וההבנה.

● עקרון הספיראליות – במהלך לימודי הכימיה יפגשו וילמדו התלמידים את אותם המושגים כמה פעמים: בחטיבת הביניים, בכיתה י', במסגרת 3 יח"ל וביחידות ההשלמה.

● עקרונות הרלוונטיות והאותנטיות – "נקודת מוצא נוספת להתייחסות לנושאי הלימוד המפורטים בתכנית – מבניות החובה והבחירה שעליהן החליטה הוועדה – היא מידת הרלוונטיות והאותנטיות שלהם ללומדים. משמעות הנלמד, הרלוונטיות והאותנטיות שלו בעיני התלמידים אמורות להנחות את המורים גם בבחירת משאבי המידע לסוגיהם, משאבים שבהם ייעשה שימוש במהלך ההוראה..." (מתוך תכנית הלימודים החדשה).

במבנית "כימיה... זה בתוכנו" בחרנו תכנים, פעילויות ואסטרטגיות הוראה אשר יהיו בהלימה עם מטרות התכנית החדשה. היסוד המארגן במבנית הוא סוגיות מרכזיות הקשורות באדם, בגופו ובסביבתו הקרובה. באמצעות לימוד הסוגיות יילמדו המושגים והעקרונות המדעיים בכימיה, וזוהי למעשה הוראה בהקשרים.

ארגון התכנים הלימודיים בדרך זו מאפשר לדון במושגי יסוד כמה וכמה פעמים במסגרת הלימודים ומהיבטים שונים, ובכך להגביר את מודעות הלומדים לרלוונטיות ולחשיבות של מקצוע הכימיה.

להלן מפרט המושגים בכימיה שהתלמידים ילמדו במסגרת המבנית.

חמצון-חיזור

- חמצון, חיזור (מחמצן ומחזר)
- דרגת חמצון
- איזון תגובות חמצון-חיזור (לפי דרגות חמצון בתגובות פשוטות בלבד)
- שרשרת חמצון (מכוהל לחומצה)
- השורה האלקטרוכימית של המתכות (ברמה איכותית).

חומצות ובסיסים

- בסיס וחומצה על פי ברונסטד-לאורי
- תגובות בסיס וחומצה
- מים כחומצה וכבסיס
- תמיסה מימית חומצית
- תמיסה מימית בסיסית
- אינדיקטורים (שינוי צבע כתוצאה משינוי רמת pH)
- pH (איכותי)
- תגובת סתירה
- חומצה חלשה, בסיס חלש (מידת ההתפרקות; K_a , K_b – רק כמדד לחוזק הבסיס והחומצה)
- תמיסת מגן (גישה איכותית)
- חומצות אורגניות, בסיסים אורגניים וחומצות אמיניות.

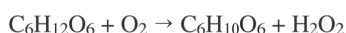
מושגים שנלמדו במבניות החובה – מבנה וקישור, אנרגיה, שיווי-משקל, סטוכיומטריה וקבוצות פונקציונליות בתרכובות הפחמן – זוכים להתייחסות נוספת ברמה יישומית ובהקשרים נוספים.

בספר ארבעה פרקים. כל אחד מהם מתחיל בסוגיה שמטרתה ליצור גורם מזמן להוראת מספר מושגים מתוך הרשימה הנ"ל. לאורך הפרקים משולבות שאלות שמטרתן לקדם את הוראת הפרק או שאלות ממוקדות הדורשות יישום של מושגים שנלמדו. חלק מהשאלות פתורות, וחלקן מלווה בפתרון מודרך. בעיות הדורשות שלבי פתרון רבים, מלוות בהצעה לאסטרטגיית פתרון, אשר מופיעה בספר תחת הכותרת **רגע חושבים**. בסיומו של כל פרק שאלות ברמות שונות לתרגול ולסיכום,

כולל שאלות על קטעים מדעיים לא מוכרים (unseen), שמטרתן לבחון את הידע, ההבנה והיישום של המושגים שנלמדו בפרק. כמו כן מכוונות השאלות לתרגול מיומנויות כמו הוצאת נתונים מטבלה, ניתוח גרפים וייצוגים שונים של נוסחאות, כולל מודלים.

דוגמה לשאלה:

15. ניתן לבדוק את רמת הגלוקוז בדם או בשתן ע"י מקלון (סטיק) מיוחד. טובלים את המקלון בתוך הנוזל הנבדק, וסדרת תגובות כימיות יוצרות תוצר צבעוני המתקבל בקצה המקלון.
שלב 1. הגלוקוז בנוזל הנבדק מגיב עם החמצן מהאוויר על-פי התגובה הבאה:



שלב 2. המימן העל-חמצני, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$, שנוצר בתהליך, מגיב בתגובה אנזימית עם חומר המצוי בקצה המקלון, וכך מתקבל התוצר הצבעוני. גוון הצבע ועוצמתו תלויים בריכוז המימן העל-חמצני שמגיב בתגובה זו.

א. האם הגלוקוז עבר חמצון או חיזור? נמקן.

ב. כיצד יכול ריכוז המימן העל-חמצני ללמד על ריכוז הגלוקוז?

מימן על-חמצני יכול לשמש בתגובות אחרות כחומר מחזר וגם כחומר מחמצן.

ג. רשמו נוסחה מולקולרית לאחד התוצרים שיכולים להתקבל בתגובה שבה מימן על-חמצני מגיב כמחזר. נמקן.

ד. רשמו נוסחה מולקולרית לאחד התוצרים שיכולים להתקבל בתגובה שבה מימן על-חמצני מגיב כמחמצן. נמקן.

בפרקים השונים משולבות אסטרטגיות הוראה מובנות ומגוונות: ניסויים במעבדה ברמות שונות (ראו דוגמה מצורפת), פעילויות מתוקשבות, בניית מודלים, קריאת מאמרים, צפייה מונחית של סרטים, בניית טיעונים מבוססים ופעילויות לארגון ידע בעזרת טבלאות ומפות מושגים (ראו צפייה מונחית בסרט המשלבת פעילות עם מפת מושגים בעמ' 22).

ניסוי מס' 5 – הלבנה זה שם המשחק

בניסוי הבא נתנסה בתגובות חמצון-חיזור המשולבות חומרים ביתיים.

ציוד וחומרים

בקבוק טפי המכיל תמיסת יוד*, בקבוק טפי המכיל אקונומיקה, טבליות של ויטמין C, צלחת פטרי, פיסת בד כותנה לבנה, משקפי מגן.

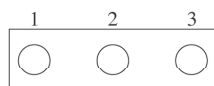
מהלך העבודה

הכינו במחבתכם טבלה כדוגמת הטבלה הבאה ורשמו בה את תצפיותכם במהלך כל שלבי הניסוי.

מהלך העבודה	תצפיות	פירוש תצפיות



תמיסת יוד



בקבוק אקונומיקה

א. טפטפו 2-3 טיפות תמיסת יוד על פיסת בד כותנה, בשלושה אזורים, לפי התרשים.

ב. הרטיבו טבלית של ויטמין C במים.

ג. שפשפו את אזורים 1 ו-2 בעזרת הטבלית הרטובה.

ד. טפטפו על הבד באזור 1 שתי טיפות אקונומיקה.

בחרו בכל אחד מהשלבים מגיב אחד לפחות המשתתף בתגובה, והתייחסו להנחיות האלה:

א. האם השתתף המגיב בתגובת החמצון-חיזור? נמקן.

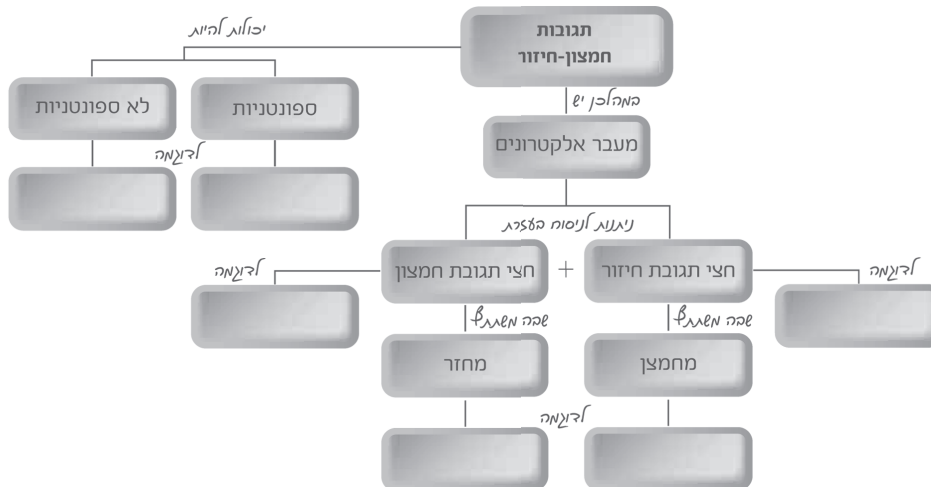
ב. אם כן, ציינו מה תפקידו בתהליך?

ג. נסו להגדיר את המגיב הנוסף וקבעו את תפקידו בתהליך שהתרחש.



צפייה מרחיקת בטרט

"האלקטרון הפעיל" – סרט מתוך הסדרה "עולם הכימיה" בהוצאת האוניברסיטה הפתוחה.
הסרט מסביר ומסכם את הנושא חמצון-חיזור ומתמקד בהיבטים חיוביים ושלייליים של תגובות חמצון-חיזור הבאים לידי ביטוי בחיי יום-יום ובתעשייה.
להלן מפת מושגים שתקבלו מהמורה, השלימו במהלך הצפייה בסרט את המשבצות החסרות במפת המושגים – משבצות המיועדות לדוגמאות.



פעילות לאחר הצפייה

- בחרו מתוך הסרט או מכל מקור שהוא טכנולוגיה המבוססת על חמצון-חיזור.
- חפשו מקורות מידע מתאימים והסבירו את העקרונות המדעיים שעליהם מבוססת הטכנולוגיה שבה בחרתם.

פרקי הספר

פרק א' – כיצד מקבעים שברים בגוף?

את הפרק עוטר סיפור מסגרת העוסק בתכונות הנדרשות ממתכת לשם קיבוע שברים בגוף האדם. הפרק פותח בדיעה עיתונאית המבוססת על מקרה אמיתי.

באחד מליגוני הרכב הופיעה כגבה במדור הפטורט. בדיקה נכונה שבאצטדיון קרייג אליאדזר, בזמן משחק כדורגל בין "מכבי ג"א" ל"הפועל חיפה", פלש ברכו של שחקן אחד אל ראשו של שחקן אחר ולרמה ארבעה שברים בחיו של השחקן. שש שלג ארך הניגוח שבו קובעו הלי בלזרג ארבעה מסמרים ופלטת מגבית.
השחקן פלגל חזר לשחק באגף חונה ושיחק היטב...

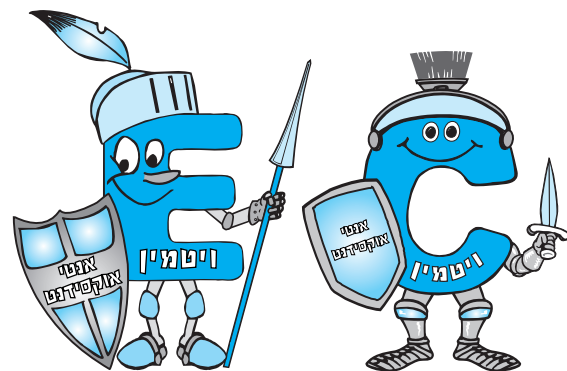
איזה הייגם המאווים של השחקן הפלגל, מה הייגם שאליים אג פלפא נא מומחה אחרי אלבי קיבול שברים בלזר?

מטרת הקטע לעורר שאלות, שחלקן יתמקדו בקשר בין תכונות ובין תפקוד, משמע, בתכונות שבזכותן יכולה מתכת כלשהי לשמש לקיבוע שבר בגוף האדם. כדי לקבל הסבר לקשר בין התפקוד הכימי של מתכת ובין התאמתה לקיבוע, הפרק מציג בפני התלמידים מושגים ראשוניים בנושא חמצון-חיזור המובילים אותם לשורה האלקטרוכימית ולקורוזיה של מתכות. מושגים אלה נרכשים בין היתר באמצעות דיונים, עבודה במעבדה ועבודה במחשב. בסופו של הפרק יש מידע על קיבועים ושתלים מבוססי טיטניום, ואגב כך נסגר המעגל של סיפור המסגרת.

פרק ב' – נוגדי חמצון – אנטיאוקסידנטים, חמצון-חיזור בעולם האל-מתכות

בפרק ב' יש הרחבה של המושג חמצון-חיזור המשלבת דיון במושגים דרגות חמצון, איזון תגובה עפ"י דרגות חמצון ודרגת חמצון מינימלית ומקסימלית. כמו כן מוצגת הזיקה בין תגובות החמצון-חיזור לבין העולם הסובב אותנו: זיקה זו באה לידי ביטוי בתופעות כגון אלה: אנטיאוקסידנטים, הכימיה של גפרור, חיטוי מים ועוד.

הפרק הקודם הסתיים בשיטות הגנה על ברזל למניעת קורוזיה, ובפתח הפרק הזה מוצג מערך הגנה כנגד תהליכי חמצון בגוף האדם. **קטע הפתיחה** בפרק זה עוסק ב**אנטיאוקסידנטים** המגנים על גופנו מפני תגובות חמצון-חיזור לא רצויות. תגובות אשר מעורבים בהן בדרך כלל רדיקלים חופשיים. ויטמין C ו-E נבחרו כמייצגים של משפחה גדולה מאוד של נוגדי חמצון.



בתגובות הנידונות בפרק מעורבות תרכובות מולקולריות. ניתוח תגובות אלו מבחינת חמצון-חיזור נעשה בעזרת בדיקת העלייה או הירידה בדרגות החמצון. הקניית המושג דרגת חמצון מתבססת על ידע קודם בתחום האלקטרושליליות.

משימת הסיום של הפרק מקשרת תופעות רבות סביבנו לתגובות חמצון-חיזור: חמצון שיער, הלבנת שיניים, הלבנה בעזרת אקונומיקה, זיקוקי די-נור, פיתוח תמונות ועוד.

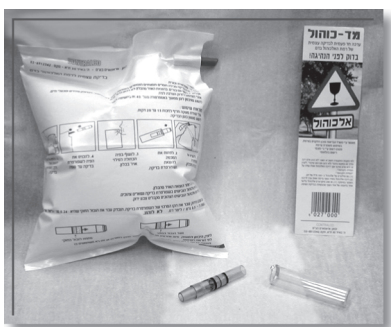
פרק ג' – זה בתוכנו...

בפרק זה יש הרחבה בנושא חמצון-חיזור בתרכובות פחמן. תרכובות הפחמן שבהן דנים הן ברובן בתוך גוף האדם, ולכן הפרק נושא אופי ביוכימי. כמו כן יש העמקה בהיכרות עם קבוצות פונקציונליות, שהתלמידים פגשו במבנית "יחסים וקשרים בעולם החומרים".

שתייה ושכרות הם נושאים רלוונטיים מאוד לבני העשרה, ולכן בחרנו לייחד מקום לנושאים אלו. לחלק זה בפרק מסר ברור למניעת שימוש מופרז באלכוהול עם זאת יש התייחסות גם ליתרונות של שתייה מתונה.

הפרק פותח בתיאור **מחקר הבדוק את הקשר בין צריכת גלוקוז ובין תפקוד הזיכרון?** ומעורר מוטיבציה להיכרות עם החומר גלוקוז, שתגובות החמצון שלו מספקות את מרבית האנרגיה לקיום חיים בכלל ולפעילות המוח בפרט. מושגים כגון "אָרובי", ו"אָנאָרובי" ששגורים בחיי יום-יום בהקשר לפעילות גופנית; "תסיסה כוהלית" – בהקשר לייצור יין; התפחה של בצק והחמצה של מלפפונים – כל אלו נידונים בפרק, אגב שימת דגש על תהליכי החמצון-חיזור המתרחשים בהם. מושגים מתחום הביוכימיה – כמו גליקוליזה, מעגל קרבס ויצירת ATP – מופיעים בפרק, אך התלמידים לא ייבחנו עליהם וגם לא על הנוסחאות המורכבות המופיעות בפרק.

היות שקביעת דרגות חמצון בתרכובות פחמן, המכילות מספר אטומי פחמן, לא תמיד פשוטה, בחרנו להציג דרך אחרת לזיהוי חצי התגובה שבה מתרחש חמצון או חיזור. עיקרה הוא במעקב אחר היחס בין אטומי מימן



"נשיפון" – אמצעי לבדיקת נוכחות אלכוהול

פרק ד' – שמירה על איזון – זה כל העניין!

בפרק זה התלמידים לומדים את כל המושגים הנדרשים על-פי תכנית הלימודים החדשה בנושא חומצות ובסיסים. הקניית המושגים מקושרת לעולם הסובב אותנו: רפואה, גוף האדם וחיי יום-יום.

הפרק פותח בנושא **מסגרת** העוסק בשמירה על מאזן חומצי-בסיסי בגוף האדם. מטרת הקטע לעורר את מודעות התלמידים לחשיבותם של החומצות, של הבסיסים ושל התגובות שביניהם בגופו. כמו כן יש כוונה לעורר את הצורך בהבנת מהותן של תגובות חומצה-בסיס, על מנת שנוכל להסביר את המתרחש במערכות ההגנה השומרות על המאזן החומצי-בסיסי של גופו. נושא המסגרת סוגר את הפרק וכולל הסבר על מערכת הבופר העיקרית הפועלת בדם, מערכת הביקרבונאט.

הפרק והספר מסתיימים במשימות סיכום שמטרתן להעמיק ולהרחיב את הידע בנושא חומצות ובסיסים בהקשרים רלוונטיים ולחברם לעולם הידע של התלמידים בנושא חמצון-חיזור. הפעלת המשימות מיועדת לעבודה בקבוצות קטנות.

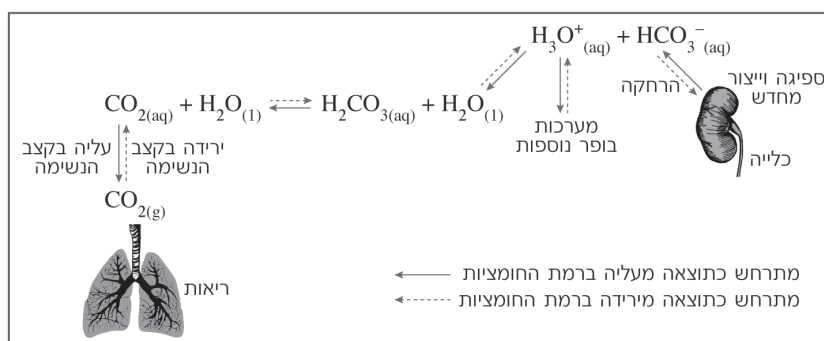
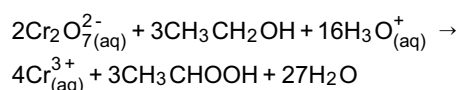
ו/או אטומי חמצן לבין סך כל האטומים במולקולה. שיטה זו מקובלת בתחום הביוכימיה.

אחד מתוצרי החמצון האנארובי במיקרואורגניזמים הוא אלכוהול. תהליך ייצורו, ספיגתו בגוף השותה וגם פינויו ממנו קשורים בתכונותיו של האתנול ובתגובות החמצון-חיזור שבהם הוא משתתף.



השיטות לקביעת רמת האלכוהול בדם מבוססות גם הן על תגובות חמצון-חיזור שבהן משתתף האלכוהול, וזוהי רק דוגמה אחת להקשרים הרלוונטיים שבהם מיושמות בפרק זה תגובות החמצון-חיזור בתרכובות פחמן.

לדוגמה: "...כיצד ניתן לבדוק מהו ריכוז האתנול בדמו של נהג?... במהלכה של הבדיקה הנעשית בעזרת ה"נשיפון", הנבדק נושף לתוך שקית שנועדה לכך... האוויר הנשוף מוזרם דרך שפופרת המכילה תערובת של חומרים, שעיקרם אשלגן דו-כרומטי $K_2Cr_2O_7$ בסביבה חומצית. בתגובה בין האתנול ובין האשלגן הדו-כרומטי שבתערובת, משתנה הצבע הכתום של הדו-כרומט לצבע ירוק האופייני ליון הכרום Cr^{3+} . עוצמת הצבע הירוק המתקבלת וכמות התערובת שמשנה את צבעה מעידות על ריכוז האתנול באוויר הנשוף: ככל שכמות גדולה יותר משנה את צבעה, כך ריכוז האתנול בדם גבוה יותר. התגובה המתרחשת בין האתנול באוויר הנשוף ובין הדו-כרומט מנוסחת להלן:



אתר מלווה לספר

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/chemin>

לספר אתר מלווה. באתר ניתן למצוא את התכנים האלה:

- תקציר לפרקים
- קישורים לפעילויות המתקשבות המופיעות בספר
- קישורים והמלצה למקורות מידע לכל הפעילויות המופיעות בספר
- מהלך העבודה לכל הניסויים המופיעים בספר
- פורום המיועד למורים המלמדים את הספר
- מדריך למורה הכולל:
 - ♦ המלצות למורים לגבי אסטרטגיות ההוראה
 - ♦ הנחיות והצעות לביצוע המטלות בספר
 - ♦ רשימת מקורות (כולל הפניות לאתרי אינטרנט)
 - ♦ המלצות לפעילויות נוספות מעבר לאלו המופיעות בספר
 - ♦ תשובות לחלק מהשאלות המופיעות בספר
 - ♦ העשרה למורים
 - ♦ מאגר שאלות נוספות.

הפעלה

בשנת הלימודים תשס"ו נוסתה המבנית על-ידי 11 מורים ב-13 כיתות, במגזר החילוני, הדתי, ההתיישבותי, הערבי והדרוזי. הניסוי בכיתות היה מוצלח, והמשוב שהתקבל מהמורים והתלמידים היה חיובי מאוד.

"היה מאוד מעניין לעבוד עם המבנית וההנחיה הולכה אילדים. היה להם מעניין וכל הקונספציה לעבוד בהקשרים, זו הנישה

הנכונה, זה גרם לגאומטרים להעניין ואינטראקציה. הקטע של הלאונטיוס חיצק אולי, והיו הרבה דברים שרצינו לאחד והיה לי קשה אולי."

"הגמלאי בחשש, נושאים שלא היו מוכרים לנו בגמלאי חרדה... אהבתי. הגאומטרים נהנו. עברתי בסוף כל פנק והדגשתי את הדברים החשובים. האך אהב טוב...לא נכנסתי אפילו, רק אבימיה. נגתי משמעות כולל של ביולוגיה, אך הגמלאי בהאליבים עצמם... אהבתי את השאלות הפגומות בגוף הפנק..."

בשנת הלימודים תשס"ז תהיינה כ-20 כיתות ניסוי.

מקורות

Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial chemistry and school chemistry: Making chemistry studies more relevants. *Intenentional Journal of science Education*, 28, 1017-1039.

Mamluk-Naaman, R., Fortus, D., Dershimer, R.C., Krajcik, J., & Marx, R.W. (2005). How do I design a cellular phone that is safer to use? In: P. Nentwig & D. Waddington (Eds.). *Making it Relevant: Context-based Learning of Science*. (215-241). Munster / New York / Munchen / Berlin: Waxmann.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

תכנית הלימודים החדשה בכימיה

http://cms.education.gov.il/educationcms/units/tochniyot_limudim/portal/tochniyotlimudim/cativaelyuna/chemya.htm

