



רלי שור*

חומר הדרכה לתוכנית "כימיה בגישה חוקרת"

במהלך מצורפת דוגמא לעיבוד של ניסוי מס' 2 – ניסוי בבקבוק II כפי שהוא מופיע במדוריך.

- פרטן הרביעי מובא אוסף של מגוון הזרמתניות לחקר גזים: חומר המשci בכתובים, מאגרי מידע מודפסים או אלקטרוניים, הדגשות מוסרטות, פרטים מתוך סרטיים, סרטונים, סיורים וכו'.
- פרטן החמישי מכיל מידע, דרך וreuונות לביצוע מיני-מחקרים.

- פרטן השישי מכיל מידע בנושא הערכה של פעילותות החקר, הבקרה על הערכה כמו גם הדרכה למילוי המחויבות על פי דרישות משרד החינוך. כמו כן מצורפים רשימהביביוגרפיה, חומר עיוני מומלץ, נספחים וכו'.

באתר שכתובתו:

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

נמצאות הנחיות לביצוע של כ- 100 ניסויי חקר וסיווג הניסויים על פי נושא הלימוד, "כרטיסי ניסוי" לרבים מן הניסויים ובهم פרטיים כלליים, חומר שנועד למורים וללבונטים.

הarter בניו כרך שמאפשר עדכון שוטף והוספה רעונות והצעות של צוות הפיתוח וגם של מורים המפעילים את התוכנית.

כמו כן יש באתר מציגות וחומר עזר מגוונים בנושאים שונים, לרשות ולנוחות המפעילים את התוכנית.

עד שנות הלימודים תשס"ה הופעה התוכנית על-ידי כ-160 מורים בכ-90 בתים ספר בכל רחבי הארץ. על פי נתוני של הפיקוח על הוראת הכימיה, מספר התלמידים המשתתפים בהפעלת התוכנית בשנת הלימודים תשס"ה, היה 3575.

בקרוב יצא לאור חומר הדרכה למורים המפעילים את התוכנית "כימיה בגישה חוקרת" המורכב מאוגדן מודפס ואטר מלוחה. התוכנית "כימיה בגישה חוקרת" מעניקה אוטונומיה רבה למורים ומאפשרת גמישות, וכן אחד המאפיינים העיקריים שלה הוא דינמיות מתמדת. לפיכך חומר הדרכה למורים חייב להיות ערוך כך שתהייה אפשרות לשנותו, לשפרו ולהתאים למצבים שונים, למטרות ולأוכלוסיות יעד שונות.

כדי שיקוים האמור לעיל, חומר הדרכה למורים המפעילים את התוכנית "כימיה בגישה חוקרת" מורכב מאוגדן הדרכה המכיל בעיקר את הגרעין "קבוע", בתוספת חומרים שניית לשנות ולהתאים לפי הצורך. חומרים אלה מצויים גם באתר אינטרנט מלוחה.

חומר הדרכה המודפס מכיל שישה פרקים עיקריים, מבוא ונספחים, מובא כאוגדן, ובכך מטאפרשת הוספה חומר ו שימוש בדפי ההוראה המקוריים המקוריים לשלב.

להלן פירוט התכנים של הפרקים:

- פרטן המבוא מכיל פרטיים על התוכנית – רצינן, מטרות ועקרונות.
- פרטן הראשון מוקדש לבתיות.
- הפרק השני מטפל במיזוגיות ובסטרטגיית ההוראה הנחוצות למורים לצורך הפעלת התוכנית ובדריכם להפנתם. בפרק יש התייחסות גם למיזוגיות הדרושות לתלמידים לצורך לימוד "בגישה חוקרת".
- הפרק השלישי מכיל הנחיות למורים שמטרתן לסייע בהדרכת הביצוע של מספר רב של ניסויי חקר, בתוספת רקע מדעי ומובאות בו הערות בעקבות ביצוע, דוגמאות תוכרים וכו'.

* רלי שור, מפתחת התוכנית "כימיה בגישה חוקרת", המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.



רצינול התכניתית ומטרותיה

מנתחים נתונים ומסיקים מסקנות בנוגע לתופעות מדעיות. בצורה זאת, התלמידים מפתחים מיומנויות חקר שהן חשובות בפני עצמן אך האפקטיביות של פעילויות החקר היאגדולה במיוחד במקרה כשהן צמודות להקשרים מתאימים בתכנית הלימודים ובנושאים הנלמדים. יתר על כן ניסויים המבוצעים על ידי תלמידים, כשהם מוגשים بصورة הולמת משפיעים במידה רבה גם בתחום המוטיבציה. דבר זה נעשה על-ידי הפעלה של מגוון אסטרטגיות שעשויה להתאים את ההוראה למספר רב יותר של תלמידים ולפרקן זמן ממושכים יותר.

כפי שמצויר על ידי בירנביים (1997), יודי הלמידה מנוסחים כיום במונחים של תוצאות (outcomes), והוא אומר מה יהיו התלמידים מסוגלים לעשות, ולא מה יעשו המורים.

השלוב של ניסויי חקר ומיני-מחקרים ("המעבדה החוקרטת") עם גישה חוקרטת גם בהוראה לא-מעבדתית מעשיר את רפרטואר ההוראה והלמידה וגם מדגים את הדריכים והשיטות שבאמצעותן מתפתח המדע. למען השגת מטרות אלה מושם בתכנית דגש על התחומיים הקוגניטיביים והאפקטיביים אחד.

למורים ניתנת הסמכות והאפשרות להעיר את תלמידיהם. דרך הערכה זאת משתלבת עם כוונות משרד החינוך להעביר חלק מתחומי ההוראה לרמת בית הספר במסגרת מה שקרויה הוראה בית-ספרית. למורות העבדה שהහערכה כוללה בציון ההשלמה מ-3 ויל-ל-5 ויל ("היחידה החמישית"), התכנית בכללותה מיעדת להפעלה בכיתות י"א-י"ב במסגרת דו-שנתית, וזאת על מנת להבטיח פרישה ראויה של הפעולות המתבצעות והפנמה הדרגתית של מיומנויות החקר.

הכימיה היא מעד ניסויי, אך במשך השנים, בחטיבה העליונה של בית הספר התיכון ובכיתות של תלמידים המתמחים בכימיה, הלכה והצטטמה החשיפה לעובדה מעשית. הסיבה הרשמית שניתנה היא מחסור חמוץ בכךן, לאור העובדה שיותר יותר בת' ספר עברו חלקoka של בחינת הבגרות בין כיתות יא' ו-יב', בלי שניתנה נוספת לצורך כך. גם ה策מצומים שboweenו לאחרונה בהיקף חומר הלימוד לא אפשרו להתגבר על הבעיה. סיבה נוספת, המושמעת הרבה פחות אך אלא לא בהכרח נכללו בין הנושאים שהרכיבו את ההוראה הסופית של התלמידים.

בקרב מורי הכימיה, גם בקרב הלומדים הורגש הצורך בטיפול דוחוף ביחס לעובדה מעשית. אחת המסקנות המדיות של הוגי הרענן של תכנית זאת, הייתה שיש לדאוג לכך שדרכי ההוראה והעבודה המעשית יהיו מגוונות, מעוררות עניין וROLVENTOTYT ללמידים. כמו כן עליה לאפשר לתלמידים לעקב אחר קצב התפתחות הידע המדעי ואחר האפשרויות הרבות להשגת מידע בסוגרת השיאפה למלוי החסר בהיבטים אלה, החלה להתגבש התכנית "כימיה בגישה חוקרטת".

ההוראה על-ידי חקר בכלל ובהוראת המדעים בפרט, קיבלה תנופה רצינית בעשור האחרון בארץ ובעולם. מזה זמן רב ידוע כי פעילויות הכרוכות בעובדה מעשית הן בעלות תפוקיד מרכז בתכניות הלימודים בכימיה, ובמיוחד הדוגשן היותרן הרבים הקשורים בפועלות תלמידים במעבדה Hofstein & Lunetta 2004, Lunetta 1998, Lazarowitz & Tamir 1994) של חקר, כאשר הן מתוכננות כהלה, משפיעות על הלמידה בכך שהן מסייעות לבניית עולם המושגים של התלמידים ולהבנת טבעו של המדע.

ניסויי חקר הוגדרו על ידי וולברג והופשטיין (Walberg & Hofstein, 1995) כניסיונות שבHAMMICHIN בוחרים התלמידים שאליה שברצונם לחקר, מעלים ומנסחים השערה, מתכנים ניסויים ומבצעים אותו, אספינים תוצאות,

בהוראת החקיר: במהלך הניסוי נחשפים התלמידים לכל מילימניות החקירה ולכן ניתן באמצעותה לפתח כל אחת מהן: תצפיות, שאלת שאלות, הגדרת משתנים, ניסוח שאלת חקירה, ניסוח השערת חקירה.



הצעות/המלצות נוספת/מפורטות מניסויו

- של מורים שניסו מוטיבציה – מאי מתאים למטרה זאת
- חקר פתוח – ללא ידיעת מידע על החומרים המשתתפים בתגובה
- חקר מודרך – למציאת מנגןן אפשרי לתגובה (לאחר קבלת מידע על החומרים)
- חקר מודרך – חקירה של גורמים המשפיעים על מהירות התגובה
- ניסוי הדגמה – פתיחה לדיוון במנגנון התהילה על ידי הדגמת שלב הטרום חקירה.



דרישות ידע מוקדם:

היות ולניסוי פוטנציאלי רב בתחום ההגעה (המוטיבציה) מאפשר לביצוע אותו כניסוי פתיחה ללא כל ידע מוקדם. על פי המטרות בהוראת הכימיה צריך להתאים את דרישות הידע המוקדם.



מיקום ברכף ההוראה:

יש להתאים את מיקום הרצף על פי המטרות בהוראת הכימיה ו/או בהוראת החקיר.



חלוקת זמן:

רצוי לחלק את הפעולות לשולושה חלקים:

ניסוי מס' 2 – ניסוי בבקבוק II

הערה, הניסוי דומה מבחינות רבות לניסוי בבקבוק I אך הוא מורכב יותר ו"דרמטי" יותר

קיימות אפשרויות נוספות לשינוי האפקטים הצבועוניים וגם של אפשרויות המוגנות את כווני החקירה,

- שימוש ב- resazurin גורם לשינוי צבע מהודם לחסוך צבע

- שילוב של פנוסופרנין (phenosofranine) 0.2% יחד עם מתילן כחול

- שילוב של פנולפתלאין ומתיילן כחול

- שילוב של שלושה אינדיקטורים

הניסוי הוא ניסוי חקר פתוח שבו התלמידים מקבלים מערכת מוכנה ומתקשים לבצע שלב טרום חקר על פי ההוראות.

ניתן כմבולן להפוך את הניסוי למודרך יותר, למובנה יותר, לניסוי גלוי הכל על פי המטרות שמוצבות על ידי המורה.



מטרות

בהוראת הכימיה: להציג את התלמידים עם ידע בנושאים:

- חימצון חיזור – רמות חימצון/דרגות חימצון

- שווי משקל

- קינטיקה, קצב של תהליכים, פעולות זרמים, חקירת מנגנון התהילה

- סוכרים, חימצון גליקוז בסביבה בסיסית

- חומצות ובסיסים – אינדיקטורים והמבנה הכימי שלהם

- אינטראקציה בין קרינה לחומר: צבע, קשר בין מבנה לצבע, קשר בין ריכוז לעוצמת צבע

- מספר הטלטולים
- עצמת הטלטולים
- כמות הגז / נפח הכליל
- הגורמים המשפיעים על זמן העלמות / הופעת הצבע

H₂, ריכוז התמיסה, טמפרטורה, מספר הטלטולים, עצמת הטלטולים, נפח הנוזל נפח הכליל, סוג הגז, כליל פתוח / סגור, צורת הערבוב.

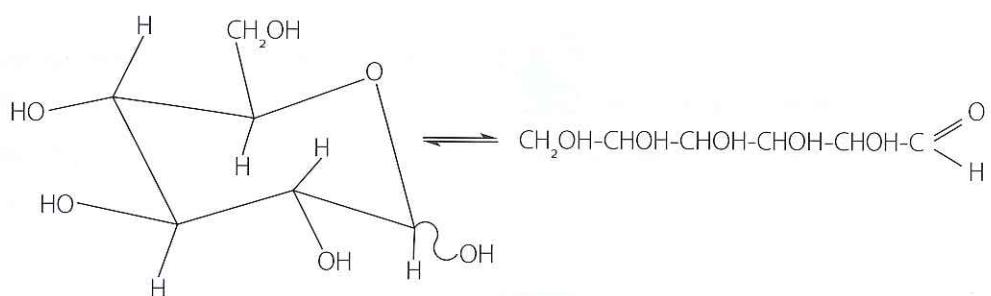


בסיס מדעי לניסוי:

בניסוי מדובר בחמצן גלוֹקוֹז (Glucose) – C₆H₁₂O₆. בתמיסה מימית של גלוֹקוֹז קיים מצב שווי-משקל בין המבנה הפתוח לבין המבנה הטבעי (המייצטאל) שרכיבו דומיננטי (מעל 99%):

ה”טלטל” ~ מסמל תערובת של איזומרים α (כ-40%) ו- β (כ-60%). בין צורות אלה קיים מצב של שווי משקל ”העבר” דרך המבנה הפתוח.

רישום בצורה זאת השגור על מורים שמתמחים בסוכרים:



- שלב טרום חקר כ: 60 – 90 דקות
- שלב החקר כ: 60 – 90 דקות
- סיכום הניסוי והציגת תוצרי התלמידים כ: 45 דקות.



הערות בטיחות מיוחדיות:

יש להבטיח שהכלים לא יפתחו – התמיסות מכילות ריכוז די גבוה של בסיס. ולהקפיד על בטיחות בניסויים שתלמידים יציעו.



דוגמאות לתוצאות שנרשמו ע”י תלמידים:

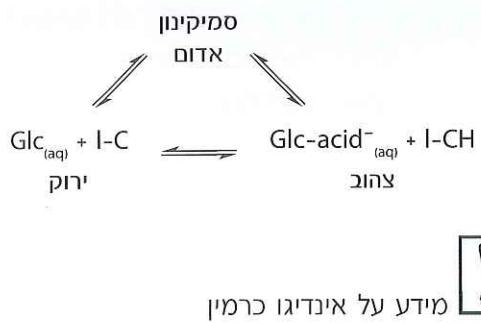
- שינוי הצבע במהלך הניעור/טלטל ואחריו
- עצמת הצבעים בפעולות החזרות
- מדידת הזמן עד להעלמות/הופעת הצבעים
- טבעות אחומות/ירוקות על פני הנוזל
- צבע אדום/ירוק על דפנות הכליל ועל הפקק
- בועות גז מסביב לפקק



דוגמאות לכינוי חקר שהוצעו ע”י תלמידים:

- חקירת הגורמים המשפיעים על עצמת הצבע,





קרמין הוא אינדיקטור שצבעו אדום הדזהה בשמש ובאור.

אינדיגו הוא אינדיקטור שצבעו כחול מטאלי, שצבעו דזהה באור, מסיטוטו במים, בכחל, באתר ובחומצות – חלשות – אפסית. צבע תמייסתו בממסים קוטביים – כחול ובממסים לא קוטביים – אדום.

נוסחתו של האינדיגו, $C_{16}H_{10}N_2O_2$, על ידי סולפונציה של אינדיגו, מתקבל אינדיגו קרמין שנוסחתו $S_2Na_{208}C_{16}H_8N_2$ (שתי הקבוצות הסולפוניות SO_3^- נמצאות בעמדות מטה

על הטעות הקיצונית)

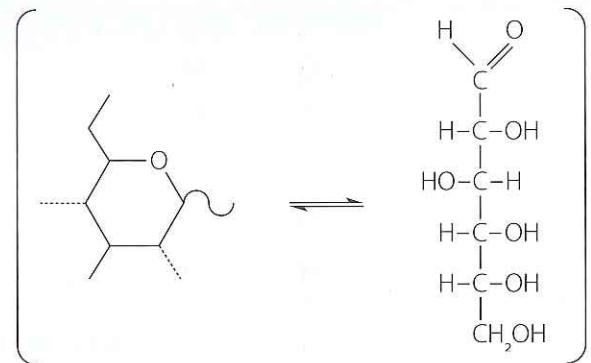
ראוי נוסחות המבנה בעמוד הבא.

בצורתו הננתונה, צבעו כחול – י록 ובצורה המוחזרת (כשתו הקבוצות הקרבוניליות חזרו לקבוצות הידרוקסיליות) הצבע צהוב.

אחת ההשערות להסביר התופעה של שינוי הצבעים היא כי בשל הנוסחה המורכבת ניתן להגיא לרמותן חימצון שונות על ידי הוספת כמויות שונות של חמצן (גיאור או טלטול) שבכל אחת מהן גוון החומר שונה קר להגיאן מן הצבע הכהוב המקורי לצבע ביןים אדום של סמייקינון ולצבע הירוק (ס"ה צבעי הרמזור ומcean הכנוי הנפוץ לניסוי).

הערה, סמייקינון semiquinone בהגדرتו הכללית הוא רדייקל שמתפרק לעלי ידי מעבר אלקטרון לקינון כשמתקבל חלקיק שבו אלקטרון בודד וגם מטען שלילי. במקרים רבים סמייקינון יוצר דimersיהם פרוקסידים.

במקרה זה הסמייקינון "כפול" על כל אחת מן הקבוצות בקרבוניליות – במקום אטום המימן, על החמצן נמצא אלקטרון ומטען שלילי.



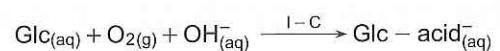
חמצון גלוקוז בסביבה בסיסית געשה באמצעות ה"מתווך" אינדיגו קרמין – indigo carmine שצורתו המוחמצנת (העשוי לעבור חיזור) שצבעה י록 תסמן בתרשימים, לשם קיצור, ב- $I-C$. צורה המוחזרת (העשוי לעבור חמצון) שצבעה צהוב תסמן ב- $I-CH$. הצלע האדום גרם על ידי סמייקינון שנוצר בשלב ביןים.

הערה לגבי סמייקינון בהמשך:

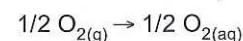
צורת $I-CH$ – באמצעות חמצן מן האויר, עוברת חמצון. האינדיקטור משנה צבע ובהמשך גורם לחמצון הגלוקוז, בעיקר לאניאן של חומצה גלוקונית – $C_6H_{12}O_7^-$ שיסמן בתרשימים $Glc-acid-(aq)$.

הערה, גלוקוז בסביבה בסיסית משתתף במגוון של תהליכי נוספים שטיפול בהם לא יוסיף להבנת המתרחש בניסוי.

ניסוח סכימי של התגובה:



מנגנון משוער של התגובה:



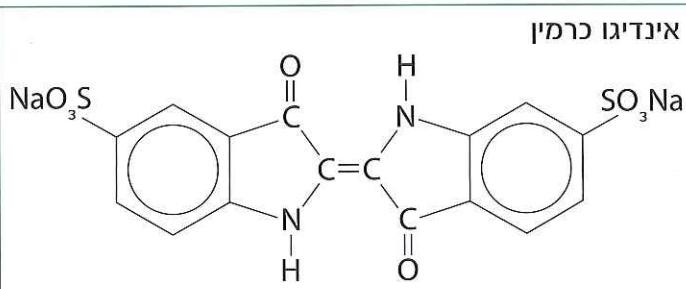
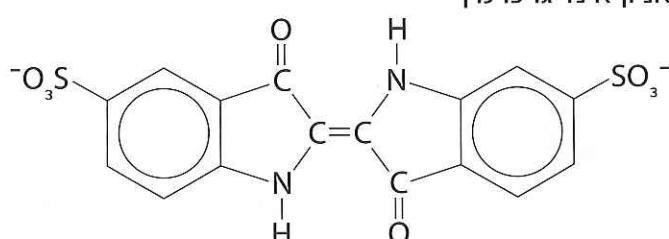
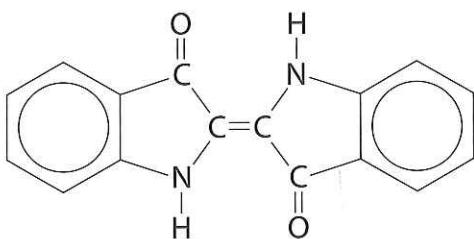
או על פי שלבי הביצוע,

שלב מהיר

שלב מהיר

שלב איטי

משתמשים בו גם, תחת השם indicarmine לבדיקת תפקודי כליות, צבע מאכל, לגילוי ניטראטים וכליוראטים, בבדיקות חלב, לצביעת חוטים בניווחים.



"The true worth of an experimenter consists in his pursuing not only what he seeks in his experiment, but also what he did not seek."

Claude Bernard (1813-1878)

