



טורקיז זה הצבע שלי עיבוד חדש לניסוי חקר (רמה 2)

מרים כרמי* ושרה אקונס**

מבוא

במסגרת השתלמות מעבדה למורי הכימיה שהתקיימה במכון דוידסון בשנה"ל תשס"ט, עיבדנו ניסויי חקר חדשים ברמה 1 ו-2. הניסויים בוצעו והוערכו על ידי מורי הכימיה משתתפי התכנית.

להלן אחד הניסויים שבהם התנסו המורים במהלך ההשתלמות. הניסוי מבוסס על הניסויים האלה: [ניסוי צמד מבחנות](#), [פחית שתייה מתחממת](#).

הניסוי מתקשר לנושאים סטוכיומטריה, חמצון חיזור, אנרגיה/תרמודינמיקה, ולכן מומלץ לבצע אותו בתחילת כיתה י"ב לאחר הוראת הנושא אנרגיה/תרמודינמיקה.

כלים וחומרים לקבוצה אחת

- 2 כוסות כימיות בנפח 100 מ"ל
- 2 מבחנות קטנות
- מכסה מתאים לכוס כימית ובו חור למבחנה ולמד הטמפרטורה
- משורה של 50 מ"ל
- משורה של 10 מ"ל
- 2 מדי טמפרטורה
- מערבל מגנטי
- 50 מ"ל תמיסת נחושת כלורית 1M
- 2 חתיכות נייר אלומיניום (בערך 4×10 סמ"ר כ"א, שקולות כ-0.25 גרם)
- חתיכת מרגרינה (כ-0.5 גרם) בתחתית אחת המבחנות
- בקבוק מים מזוקקים
- מערבל ובוחש מגנטי
- סטנד עם 2 תפסים

טורקיז זה הצבע שלי

הערות בטיחות: השתמשו במשקפי מגן ובכפפות במשך כל הניסוי.

הוראות כלליות

- קראו היטב את כל ההנחיות לפני ביצוע הניסוי.
- ודאו שנמצאים ברשותכם כל פרטי הציוד והחומרים הנחוצים לביצוע הניסוי.
- הקפידו על הכללים האלה:
- מילוי מדויק אחר ההנחיות
- איסוף תצפיות רבות ככל האפשר
- דיווח ברור ומאורגן על התצפיות
- שיתוף כל חברי הקבוצה בביצוע המשימות השונות
- שפה מדעית נכונה ומדויקת לכל אורך התהליך.

*דר' מרים כרמי, מורה לכימיה בגימנסיה העברית "הרצליה", תל-אביב. מדריכה ארצית לתכנית הלימודים החדשה.
**שרה אקונס, מורה לכימיה בתיכון ע"ש ברנר, גבעת ברנר ותיכון על"ה מדעים, לוד. מדריכה מחוזית במחוז מרכז וחברה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

שלב ראשון: מהלך הניסוי

צפו היטב במתרחש במהלך הניסוי ורשמו תצפיות מגוונות ומפורטות רבות ככל האפשר. ארגנו את כל המידע בטבלה.

ניסוי 1

1. לתוך כוסית כימית שנפחה 100 מ"ל מזגו 50 מ"ל תמיסת נחושת כלורית.
2. הכניסו מגנט לתמיסה והניחו מעל למערבל.
3. הכניסו למבחנה הקטנה 5 מ"ל מים והכניסו אותה לתוך התמיסה.
4. כסו את הכוסית במכסה פלסטיק ובו חור המתאים למבחנה ולמד הטמפרטורה.
5. הכניסו לתמיסה מד טמפרטורה ורשמו את הטמפרטורה ההתחלתית.
6. הכניסו למבחנה מד טמפרטורה ורשמו את הטמפרטורה ההתחלתית.
7. סדרו את המערכת כך שמדי הטמפרטורה לא יגעו בקרקעית ויהיו קבועים במקומם על ידי תפסים (ראו תמונה).
8. הכניסו את חתיכות נייר האלומיניום לתמיסה. הקפידו שכל הנייר ייגע בתמיסה והפעילו את המערבל בעוצמה נמוכה.
9. מדדו את הטמפרטורה של התמיסה בכוס ושל המים במבחנה כל 15 שניות למשך 3 דקות לערך.
10. רשמו תצפיות רבות ומגוונות ככל האפשר.

ניסוי 2

1. לתוך כוסית כימית שנפחה 100 מ"ל מזגו 50 מ"ל תמיסת נחושת כלורית.
2. הכניסו מגנט לתמיסה והניחו מעל למערבל.
3. הכניסו את המבחנה המכילה מרגרינה לתמיסה.
4. הכניסו את חתיכות נייר האלומיניום לתמיסה. הקפידו שכל החתיכות יגעו בתמיסה. הפעילו את המערבל.
5. רשמו תצפיות רבות ומגוונות ככל האפשר*.

שלב שני: מהלך החקר

1. נסחו לפחות 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפיות.
2. בחרו שאלה אחת שברצונכם לחקור. נסחו את שאלת החקר בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים.
3. נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה מתאימה לשאלת החקר. נמקו את השערתכם על סמך התצפיות שערכתם ועל בסיס ידע מדעי רלוונטי ונכון.

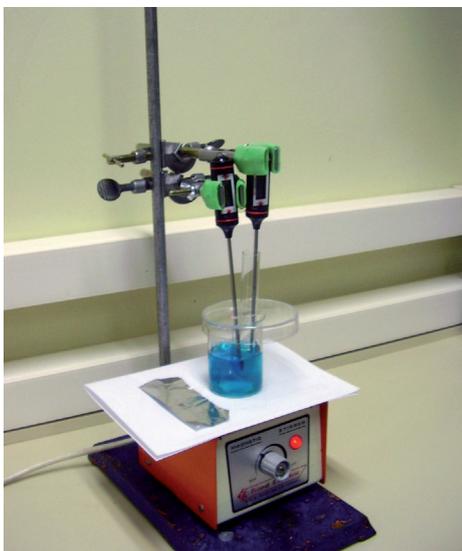
4. תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.
 - הגדירו את המשתנה התלוי ואת המשתנה הבלתי תלוי.
 - ציינו את צורת המדידה של המשתנה התלוי.
 - ציינו את הגורמים הקבועים.
 - רשמו מהלך מפורט של שלבי הניסוי. התייחסו לבקרה.
 - הקפידו להציג את מהלך הניסוי באופן ברור ובסדר לוגי.
 - צרפו רשימה מפורטת של ציוד וחומרים הדרושים לביצוע הניסוי המתוכנן.
 - קבלו את אישור המורה לביצוע הניסוי שתכנתם ולרשימת הציוד והחומרים.
 - הגישו את רשימת הציוד והחומרים ללבורנטית.
5. בצעו את הניסוי שתכנתם כפי שאושר על ידי המורה.
 - הקפידו על רישום מפורט, מדויק וברור של התצפיות.
 - הציגו את התצפיות ואת תוצאות הניסוי בצורה מאורגנת (טבלה או תרשים).
 - עבדו, במידת האפשר, את התוצאות בצורה גרפית.
 - תארו את מגמת השינויים המוצגים בגרף.
 - פרשו ונתחו את התוצאות והתבססו על ידע מדעי רלוונטי.

6. הסקת מסקנות

הסיקו את מסקנותיכם על סמך כל התוצאות של הניסוי. התייחסו למידת התמיכה של המסקנות בהשערה.

7. בדיון המסכם הקבוצתי

- התייחסו בביקורתיות לתוצאות (מגבלות, דיוק וכו').
- התייחסו בביקורתיות לתוקף המסקנות.
- במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר (בניסוח ההשערה, בתכנון הניסוי).
- רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות הניסוי כולו.
- 8. הגישו דוח מאורגן, אסתטי וקריא.



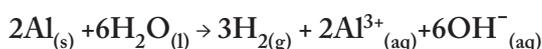
מערכת הניסוי

*יש להפנות את תשומת לב התלמידים להסתכל בתוך המבחנה הפנימית.

אלומיניום. הסיבה לכך היא שדרושה נוכחות של יוני כלור על מנת לפגוע בציפוי התחמוצת שעל־פני נייר האלומיניום ולגרום לתגובה.

2. תגובה בין אלומיניום למים גורמת לפליטת מימן. ניתן לעשות שוב את הניסוי הנ"ל, לאסוף את הגז המתקבל במבחנה הפוכה מעל לכוס, לפקוק אותה ולאחר מכן להכניס קיסם דולק. נשמע קול נפץ קל אופייני לנוכחות מימן.

3. נמדד שינוי בערכו של ה-pH במהלך התגובה. בהתחלה הוא חומצי בערך של 4.5, ובסוף ה-pH עולה. ראיות 2 ו-3 רומזות על התרחשות של אחת התגובות האלה:



או



היבטים תרמודינמיים

ניתן להציג את שתי התגובות המתרחשות בניסוי כדוגמה לצימוד בין תגובות. התגובה הלא ספונטנית של חימום מים (בתוך המבחנה) מתרחשת כאשר היא צמודה לתגובה ספונטנית של חמצון-חיזור (בתוך הכוס).

בסופו של הניסוי גם התמיסה וגם הנוזל במבחנה מגיעים לטמפרטורת הסביבה (בקצב שונה). כלומר, נוצר שיווי משקל תרמי בין המערכת (המבחנה) והסביבה הקרובה (התמיסה בכוס). לאחר זמן נוסף התמיסה כולה מגיעה לטמפרטורת הסביבה (האוויר).

היבטים קינטיים

במהלך התרחשות התגובה נפלטת אנרגיה המעלה את הטמפרטורה של התמיסה וגורמת להגדלת קצב התגובה בין התמיסה המכילה יוני $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ לנייר האלומיניום.

היבטים תעשייתיים

א. אלומיניום הוא חומר גלם יקר. הסיבה לכך היא תהליך ההפקה. הפקת אלומיניום על ידי אלקטרוליזה של אלומיניום חמצני מותך היא אפשרית, אולם היא צורכת אנרגיה רבה ביותר, כיוון שטמפרטורת ההיתוך של אלומיניום חמצני היא מעל ל- 2000°C . אלומיניום מופק בתהליך הנקרא תהליך הול, ובו מומס אלומיניום חמצני בתוך קריאוליט Na_3AlF_6 . מתקבלת תמיסה המותכת בטמפרטורה של 1000°C ואשר מוליכה זרם חשמלי. ליד הקטודה מתרחש תהליך החיזור של יוני האלומיניום, וכך מופק היסוד. להעשרה: [הפקת אלומיניום, על המתכת אלומיניום](#).

גרסה לביצוע הניסוי עם חיישני טמפרטורה – ניתן לבצע את הניסוי המקדים על ידי שימוש בשני חיישני טמפרטורה המחליפים את השימוש במדי הטמפרטורה. השימוש בחיישנים מאפשר מעקב רציף אחר השינוי בטמפרטורה והצגת הממצאים בגרף. חשוב להקפיד על ערבול קבוע ועל חוסר תזוזת החיישנים במהלך הניסוי. מידע על חיישנים ומעבדות ממוחשבות ראו [באתר הטכניון](#).

סוגיות שונות על הרקע המדעי והממצאים

ממצאים

ניתן לראות כי קצב שינוי הטמפרטורה בכוס שונה מקצב שינוי הטמפרטורה במבחנה הטבולה בו.

בתמיסה הכחולה קצב העלייה בטמפרטורה מהיר וכן הירידה. הממצאים מתאימים לחוק הקירור של ניוטון – ככל שהפרש הטמפרטורות בין שני גופים גדול יותר, קצב מעבר האנרגיה מהיר יותר.

בניסוי שלנו קצב החימום (מהטמפרטורה ההתחלתית ועד לטמפרטורה המקסימלית) גדול יותר בתמיסה (שיפוע חד יותר) וקטן יותר במבחנה (שיפוע מתון יותר). כנ"ל לגבי הקירור של הכוס והמבחנה. להעשרה: [חוק הקירור של ניוטון](#).

הידראטים

מוצקים יוניים המכילים מולקולות מים. ניתן לפרק חלק מהם ולגרום להרחקת כל מולקולות המים. סוג כזה הוא הידראט נחושת כלורית.

מכינים תמיסת נחושת כלורית מ- $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. נחושת כלורית CuCl_2 היא מוצק צהוב חום הקולט לחות מהאוויר והופך להידראט $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ בעל גוון כחול.

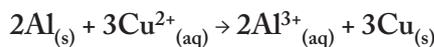
בתמיסה המימית יש יוני נחושת היוצרים יונים קומפלקסים $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ בעלי גוון כחול וכן יונים קומפלקסים מהסוג $[\text{CuCl}_{2+x}]^x-$ בעלי גוון צהוב או אדום.

לתמיסות מימיות מרוכזות של יוני נחושת יש גוון ירוק בגלל צירוף הצבעים הנ"ל. להעשרה: [הידראטים הידראטים של נחושת כלורית](#).

התגובות המתרחשות בתמיסה הכחולה

בתמיסה הכחולה מתרחשות כמה תגובות אקסותרמיות, ולכן לא ניתן לחשב את ערכו של ΔH° , על־פי ממצאי הניסוי.

1. תגובה בין אלומיניום ליוני נחושת. מתקיימת תגובת חמצון-חיזור



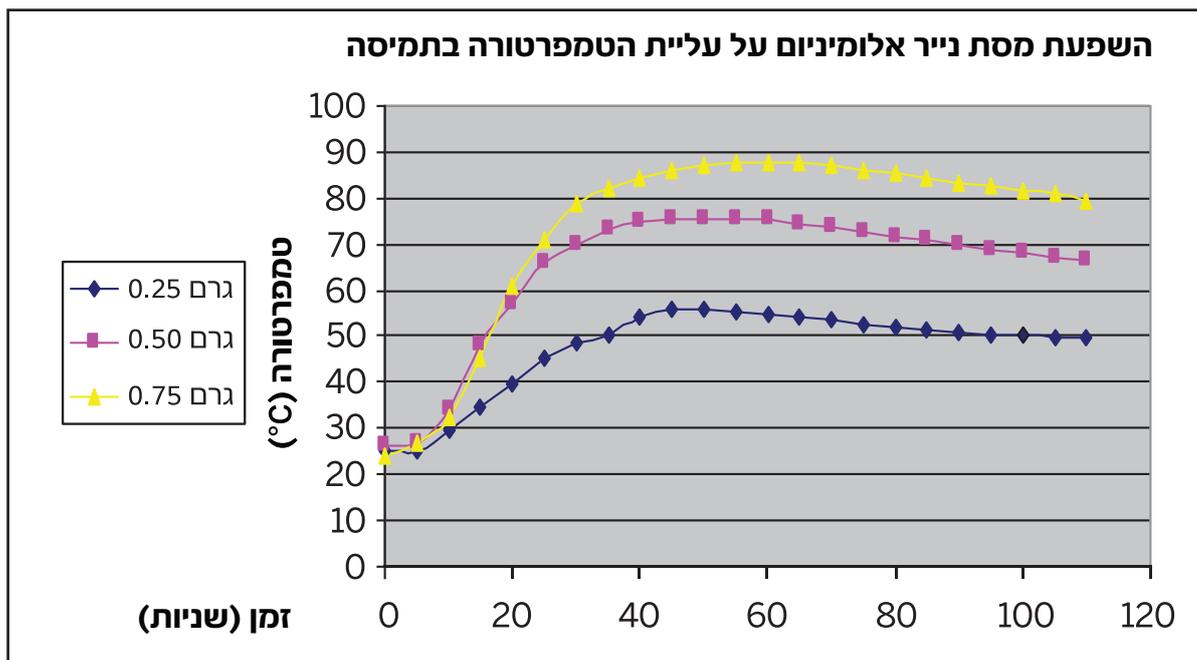
פוטנציאל החיזור של יוני נחושת גבוה מפוטנציאל החיזור של יוני האלומיניום.

הערה: יש לשים לב לא לעבוד עם תמיסת נחושת גפרתית כמקור ליוני נחושת, כיוון שכך לא תתקיים תגובה עם

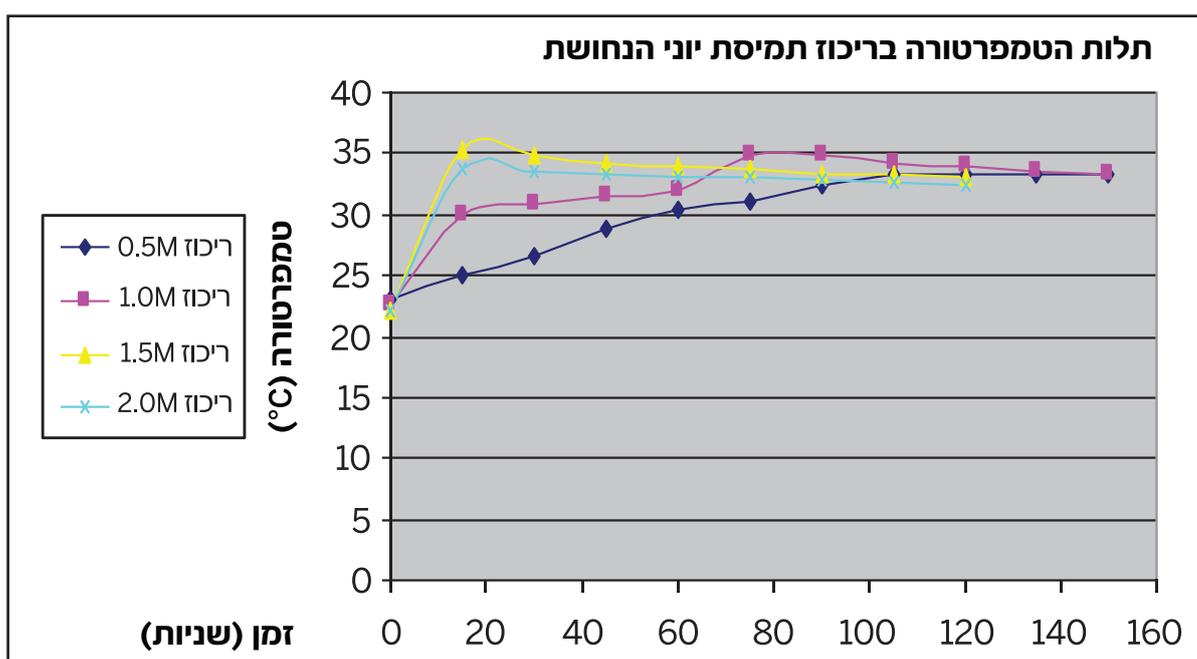
- ב. בניסוי שביצענו התקבלה נחושת. ניתן לדון עם התלמידים על שיטות להפקת נחושת. יתרונות וחסרונות של הפקת נחושת בשיטה אלקטרוליטית. הפקת נחושת על ידי תגובת חמצון-חיזור שבה המחזור הוא גרוטאות ברזל והתמיסה מכילה יוני נחושת. להעשרה: [הפקת נחושת במהלך ההיסטוריה](#).
- ג. בתעשייה משתמשים במתקן של מחליפי חום. הכוונה היא למתקנים צמודים שבהם יש מערכות נוזלים נפרדות וביניהם מתרחשים מעברי אנרגיה. מחליפי חום משמשים לחימום או לקירור מערכות שונות.

סיכום ניסויי חקר של מורים לכימיה בהשתלמות מעבדה תשס"ט, מכון דוידסון

לפניכם עיבוד גרפי של 2 קבוצות. שאלת החקר שבדקה הקבוצה הראשונה היא: כיצד מסת האלומיניום משפיעה על עליית הטמפרטורה של התמיסה?



שאלת החקר שבדקה הקבוצה השנייה: כיצד משפיע ריכוז תמיסת הנחושת כלורית על הטמפרטורה המרבית של התמיסה?



הקבוצה	שאלת החקר	המסקנה	הערות
1	כיצד משפיע ריכוז תמיסת נחושת כלורית CuCl_2 על טמפרטורה מרבית של התמיסה?	ככל שריכוז התמיסה עולה (0.25-1.5) ערכו של ΔT עולה, מלבד בריכוז 1.5M. שם יש ירידה ב- ΔT .	1. נצפה גם קצב תגובה מהיר. 2. ייתכן שהיו איבודי אנרגיה בגלל עלייה גדולה בטמפרטורה. 3. עודף אלומיניום בריכוז 1M. 4. ייתכן שהטמפרטורה המרבית היא בין הקריאה ההתחלתית לבין הקריאה הראשונה.
2	כיצד משפיעה מסת נייר האלומיניום על טמפרטורת המים במבחנה?	ככל שכמות האלומיניום גדלה, עלתה הטמפרטורה המקסימלית.	
3	כיצד משפיע שטח הפנים של נייר האלומיניום על קצב התגובה? (הזמן עד היעלמות נייר האלומיניום).	ככל שמספר הקיפולים עלה (הקטנת שטח הפנים), משך הזמן עד היעלמות נייר האלומיניום עלה.	

שאלות נוספות שניתן לנסח ולחקור בעקבות הניסוי המקדים

- כיצד משפיעה כמות המרגרינה במבחנה על ΔT מרבי במבחנה/בתמיסה?
- כיצד משפיע סוג השומן/השמן במבחנה על ΔT מרבי במבחנה/בתמיסה?
- כיצד משפיע סוג השומן/השמן במבחנה על קצב עליית הטמפרטורה במבחנה?
- מהו הקשר בין סוג המתכת בכוס לבין ΔT מרבי?
- כיצד משפיע סוג החומר במבחנה הקטנה על ΔT מרבי במבחנה?

פעילויות המרכז הארצי למורי הכימיה בשנת לימודים זו כוללים: קורסים וסדנאות המיועדים להכשרת מורים מובילים ולמורים מובילים בפועל, סדנאות להתמחות בתכני תוכנית הלימודים – מדעית ופדגוגית, סדנאות לפיתוח והכנת דגמי הוראה לנושאים שונים וימי עיון ברחבי הארץ. בנוסף, עוסק מרכז המורים בתחזוקה ובחידושו של האתר האינטראקטיבי של מרכז המורים ובכתיבה, עריכה והפצה של העיתון "על-כימיה" למורי הכימיה. אנחנו נערכים להמשך הפעילויות בשנת הלימודים הבאה.