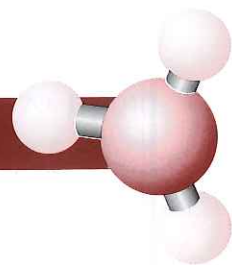


סטוכיומטריה בגישה חוקרת



רלי שור, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

שני הניסויים המוצעים להלן מהווים חלק ממאגר הניסויים בתוכנית "כימיה בגישה חוקרת". מאגר הניסויים נמצא באתר התוכנית ומסווג על-פי נושאים. האתר נמצא בבנייה וכתובתו:

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

מספרי הניסויים במאגר הם 41 ו- 89 ומגיעים אליהם דרך רשימת ניסויים. ניתן להוריד את הניסויים ולשנותם בהתאם למטרות המתודיות והדידקטיות, בהתאם לרצף ההוראה, בהתאם למיומנויות שמבקשים להפעיל וכמובן בהתאם לקהל היעד. רקע תיאורטי והערות נוספות בקשר לניסויים ניתן למצוא בהערות לניסויים. המשותף לניסויים, כפי שהם מובאים באתר, הוא שהתלמידים משתמשים במיומנויות שרכשו כדי להכריע בין מסלולים אפשריים של התרחשות תהליך.

להלן הניסויים כפי שהם מופיעים באתר בצירוף הערות אחדות.

בחרו את המסלול

שימו לב: יש להרכיב משקפי מגן ולהשתמש בכפפות

לרשותכם **הציוד והחומרים הבאים:**

פינצטות ארוכות	פלטה חשמלית
מד טמפרטורה	כוס כימית 50 מ"ל או כורית
כהליה, חצובה, רשת קרמית, גפרורים	ארלנמייר בנפח 50/25 מ"ל + פקק וצינור מוביל
מאזניים	כוס כימית בנפח 1000/800 מ"ל
כחצי כפית $\text{NaHCO}_3(\text{s})$	משורה בנפח 100 מ"ל
כ- 600 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 2M	נייר פרפילם (Parafilm)

בעת חימום $\text{NaHCO}_3(\text{s})$, מתרחשת רק **אחת** מהתגובות הבאות:

- $\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- $2\text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

***הערה:** בטמפרטורה של 300°C צלזיוס $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ מתפרק.



1. **תכנון ניסוי** שבאמצעותו תוכלו לקבוע, באופן חד משמעי, מהי התגובה שהתרחשה.

- **התייעצו** במורה ושנו במידת הצורך
- **פרטו** את כל שלבי הניסוי, כולל שלב הבקרה
- **פרטו** את בקשתכם לציוד ולחומרים על גבי טופס בקשת הציוד
- **העבירו** ללברנט/ית את רשימת הציוד והחומרים

2. **קבלו את אישור המורה** למהלך הניסוי שהצעתם

- **בצעו** את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על-ידי המורה
- **הציגו** את התצפיות ואת התוצאות בצורה מאורגנת (טבלה, תרשים, גרף וכו')
- **פרשו ונתחו** את התוצאות
- **הסיקו מסקנות** רבות ככל האפשר על בסיס **כל** תוצאות הניסויים, ונמקו.

3. **בדיון המסכם** הקבוצתי

- **חוו את דעתכם** על כל שלבי החקר (מגבלות, דיוק וכו')
- במידת הצורך **הצביעו** על השינויים הרצויים בתהליך החקר
- **הכינו** את סיכום ניסוי החקר של קבוצתכם **להצגה** בפני הכיתה

4. **בדיון המסכם** הכיתתי

- **התייחסו** לניסוי לאור הדיווחים של כל קבוצות העבודה

5. **הקפידו** על דוח מאורגן, אסתטי וקריא

טבאדפה נלימאה!

הערות לניסוי

מבין שלוש ההצעות שניתנות לתלמידים - עליהם לבחור את הסבירה על-פי ממצאי הניסוי שהם עצמם מתכננים.

כמובן שמותר להם לבצע אלימינציה של אפשרות שמיידית אינה מתאימה - על-ידי נימוקים מתאימים. ההערה על אודות טמפרטורת הפירוק של Na_2CO_3 נועדה להקל על תהליך התכנון של הניסוי. ניתן לספק מידע נוסף ו/או הדרכה נוספת על-פי המטרות שמוצבות, על-פי הרקע, בהתאם לידע המוקדם בכימיה וכמובן על-פי השליטה במיומנויות חקר.



דוגמאות של נתונים נוספים שניתן לספק או להפנות את התלמידים אליהם:

- נתוני מסיסות של CO_2 במים
- נתונים לגבי תכונות החומרים שבהם מדובר
- דוגמאות של הדרכה נוספת שניתן לספק:
- דיון משותף בייחודיות ואפיון ההבדלים העיקריים בין המסלולים השונים
- דרכים להבחנה בין הגורמים לייחודיות
- דרכים להתגבר על בעיית המסיסות של ה- CO_2 במים
- להסביר את אפקט ה-"salting out" שתפקידו להפחית את מסיסות ה- CO_2 במים. במיוחד אם הניסוי מתבצע בהקשר תעשייתי.
- ניתן לאתגר את התלמידים במציאת פתרון למסיסות של ה- CO_2 במים או אפשר להעמיד כדרישה את השימוש בתמיסת המלח. אפשר להסתייע באתר שכתובתו

<http://kea.princeton.edu/ppe/old/results/nacl-h2o-co2/nacl-h2o-co2.html>

תוכלו להעמיד כדרישה את השימוש בתמיסת המלח

מבוסס על המאמר:

Teaching Stoichiometry Figueira ,A, R., Coch, Y. & Zepica, M. **Journal of Chemical Education** Vol 65 p 1060-1061, 1998.

The Wine Maker's Lab

שימו לב: יש להרכיב משקפי מגן ולהשתמש בכפפות

הוראות כלליות:

- **קראו** היטב את כל ההנחיות לפני תחילת ביצוע הניסוי
- **בדקו** שנמצאים ברשותכם כל הציוד והחומרים הנחוצים לביצוע הניסוי

ציוד וחומרים:

1 גר' KMnO_4	בקבוק ארלנמייר בנפח 250 מ"ל
100 מ"ל מים מזוקקים	משורה בנפח 100 מ"ל
10 מ"ל תמיסת 0.5 M HCl	3 בקבוקי ארלנמייר בנפח 100 מ"ל
0.5 גר' מוצק A	2 ספטולות
משפך	ביורטה בנפח 25 מ"ל
בוחש מגנטי	מקל זכוכית





שלב א': מהלך הניסוי

הקפידו על :

- איסוף תצפיות רבות ככל האפשר
- דיווח ברור ומאורגן על התצפיות
- שיתוף כל חברי הקבוצה בביצוע המשימות השונות
- שפה מדעית נכונה ומדויקת לכל אורך התהליך

- א. הכניסו כ-1 גר' $\text{KMnO}_4(\text{s})$ לבקבוק ארלנמייר שנפחו 250 מ"ל
- ב. מדדו 95 מ"ל מים במשורה שנפחה 100 מ"ל
- ג. הוסיפו את המים לכלי שבו נמצא $\text{KMnO}_4(\text{s})$ וערבבו עד להמסתו המלאה
- ד. החזירו את התמיסה הצלולה למשורה והשלימו את הנפח ל-100 מ"ל על-ידי הוספת תמיסת $\text{HCl } 0.5\text{M}$.
- ה. החזירו את התמיסה לבקבוק ארלנמייר שנפחו 250 מ"ל וערבבו היטב
- ו. מלאו את הביורטה בתמיסה שהתקבלה בסעיף ה'
- ז. לכל אחד משלושת בקבוקי הארלנמייר שנפחם 100 מ"ל, הכניסו 0.1 גרמים של מוצק A
- ח. טטרו את החומר בכל אחד מבקבוקי הארלנמייר תוך ערבוב מתמיד עד לקבלת גרגירים של מוצק חום.

שלב ב': מהלך החקר

- א. 1. נסחו 5 שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפיות שנערכו
 - בחרו שאלה אחת מהשאלות שהעליתם, שברצונכם לחקור
 - נסחו שאלה זאת כשאלת חקר, בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים.
 - נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה המתייחסת לשאלה שבחרתם לחקור
 - נמקו את השערתכם על בסיס ידע מדעי, רלוונטי ונכון
2. תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם
 - פרטו את כל שלבי הניסוי, כולל שלב הבקרה
 - פרטו את בקשתכם לציוד ולחומרים על גבי טופס בקשת הציוד
 - התייעצו במורה ושנו במידת הצורך
 - העבירו ללבורנט/ית את רשימת הציוד והחומרים
- א. 3. קבלו את אישור המורה למהלך הניסוי שהצעתם
 - בצעו את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על-ידי המורה
 - הציגו את התצפיות והתוצאות בצורה מאורגנת (טבלה, תרשים, גרף וכו')
 - פרשו ונתחו את התוצאות

- **הסיקו מסקנות** רבות ככל האפשר על בסיס **כל** תוצאות הניסויים, ונמקו.
- **בדקו** את הקשר בין שאלת החקר לבין המסקנות

4. בדיון המסכם הקבוצתי

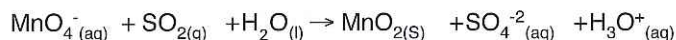
- **חוו את דעתכם** על כל שלבי החקר (מגבלות, דיוק וכו')
- במידת הצורך **הצביעו** על השינויים הרצויים בתהליך החקר
- **רשמו** שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות התהליך כולו
- **הכינו** את סיכום ניסוי החקר של קבוצתכם **להצגה** בפני הכיתה

5. בדיון המסכם הכיתתי

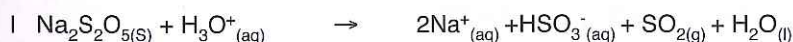
- **התייחסו** לניסוי לאור הדיווחים של כל קבוצות העבודה
- **הקפידו** על דוח מאורגן, אסתטי וקריא

שלב ג' - חלק כמותי

1. המוצק A הוא נתרן מטא-ביסולפיט $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ והוא ספק של $\text{SO}_{2(g)}$ תהליך הטיטור מתבצע על-פי הניסוח (שימו לב הניסוח לא מאוזן):



מטא-ביסולפיט $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ עשוי לתת $\text{SO}_{2(g)}$ על-פי אחד מן המסלולים ההיפותטיים שניסוחיהם המאוזנים רשומים להלן:



היעזרו בחישובים ו/או בניסויים נוספים כדי לקבוע את ה"מסלול האמיתי"

לבודק נלוימה!

מבוסס על המאמר:

The Wine Maker's Glen L. **Chem 13 News**, November 2001, p 3-5.

מידע על מטא-ביסולפיט:

Chemistry of the Elements, Greenwood & Earnshaw, p. 853



הערות לניסוי

● המוצק A_{89} הוא נתרן מטא-ביסולפיט $Na_2S_2O_5$ והוא ספק של $SO_2(g)$. תהליך הטיטור מתבצע על-פי הניסוח



אפשר לתת לתלמידים ניסוח לא מאוזן ולבקש שיאזנו את התהליך, או לחלופין לתת להם ניסוח מאוזן.

מטא-ביסולפיט $Na_2S_2O_5$ עשוי לתת $SO_2(g)$ על-פי אחד מן המסלולים ההיפותטיים שניסוחיהם המאוזנים רשומים להלן:

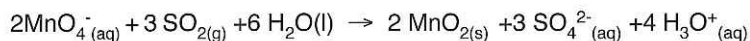


● התלמידים יכולים להיעזר בחישובים ו/או לתכנן ניסויים נוספים כדי לקבוע את ה"מסלול האמיתי". ניתן גם להדריכם לכך.

● אפשר לבקש מן התלמידים למצוא את הסיבה לכותרת שניתנה לניסוי; לגז SO_2 תפקיד חשוב בייצור יין. הוא משמש כגורם חשוב נגד מיקרואורגניזמים לא רצויים בלי לפגום בפעילותם של השמרים המשמשים בייצור יין ואף תורם לקבלת ארומה מיוחדת. במקרים מסוימים, בתום התסיסה, מוסיפים ספק נוסף של SO_2 , והגז הנוצר מונע חמצון של היין לחומץ. לצורך של שימוש ביתי ניתן להשיג כדורים מיוחדים המכילים מטא-ביסולפיט.

● אפשר להתמקד בנושא חמצון חיזור בנוסף ללימוד הטכניקה של הטיטור (מה שיבהיר לתלמידים שטיטור הוא איננו ייחודי רק לתהליכי חומצה - בסיס)

● חישובים לדוגמה על-פי תוצאות הטיטור של נורת ארד וסוזי טפר: נדרשו 4.45 מ"ל תמיסת $KMnO_4$ לתגובה מלאה.



$$n_{KMnO_4} = 1/158 = 6.3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c_{KMnO_4} = 6.3 \times 10^{-2} M$$

$$n_{MnO_4^-} = 6.3 \times 10^{-2} M \times 4.45 \times 10^{-3} = 2.8 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{SO_2} = 3/2 \times n_{MnO_4^-} = 4.21 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m_{SO_2} = 0.0269 \text{ gr}$$

מ- 0.1 גר מטא-ביסולפיט (תאורטית) היו צריכים להתקבל :

— על פי "מסלול" I (של 2 מול $SO_2(g)$ לכל מול מתאביסולפיט) : 0.067 גר' $SO_2(g)$

— על פי "מסלול" II (של מול $SO_2(g)$ לכל מול מתאביסולפיט) : 0.034 גר' $SO_2(g)$