

מעבדת חקר: 'הולכים עם הזרם' - לתלמיד

מטרת הניסוי: בניסוי זה נעקוב אחר שינוי המוליכות החשמלית בתמיסה במהלך טיטרצית חומצה-בסיס

רקע תיאורטי על מדידת מוליכות ויחידת המדידה Siemens

מהי מוליכות חשמלית?

מוליכות חשמלית (Electrical Conductivity) היא תכונה פיזיקלית של חומר המתארת את יכולתו להוליך זרם חשמלי. במקרה של נוזלים (בעיקר תמיסות מימיות), המוליכות נובעת מתנועת יונים ניידים (בתנועה) בתמיסה כמו יוני Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , OH^- שיכולים לשאת מטען חשמלי ולהזרים זרם חשמלי דרך התמיסה – ככל שריכוז היונים גבוה יותר וככל שהם יותר בתנועה, כך המוליכות גבוהה יותר. המוליכות החשמלית תלויה בגורמים שונים כגון:

- סוג היונים בתמיסה
- ריכוזם
- טמפרטורה (המוליכות עולה עם עליית הטמפרטורה)
- צמיגות הממס

יחידת מדידה: סימנס למטר (S/m)

- יחידת המדידה במערכת היחידות הבינלאומית (SI) היא סימנס למטר (Siemens per meter - S/m)

$$G = \frac{I}{V}$$

- המוליכות החשמלית (G) מוגדרת כזרם החשמלי (I) בין 2 נקודות לחלק למתח החשמלי (V) ביניהם:

$$R = \frac{1}{G} = \frac{V}{I}$$

- ההתנגדות החשמלית (R) היא ההופכי מהמוליכות (G), ולכן הסימנס (S) הוא ההופכי של האוהם (Ω).

כאשר מדובר בתמיסות מימיות, לרוב נמדדת מוליכות ספציפית (Specific Conductivity) או מוליכות חשמלית, שמודדת את ההולכה של יונים בתמיסה לאורך יחידת אורך ושטח חתך נתון (לכן מכשיר המדידה כבר מכיל ומקבלים מדידת מוליכות (S) בהתאם לנתוני החיפוש).

מדידת מוליכות היא שיטת מדידה מאקרוסקופית עקיפה ונפוצה להעריך את **ריכוז היונים** הניידים בתמיסה. מדידת מוליכות בתמיסות משמשת בתחומים כמו:

- בקרת איכות מים
- תעשיית המזון והתרופות
- חקלאות הידרופונית
- מחקר כימי וביולוגי

כיצד מודדים מוליכות?

- מדידת מוליכות נעשית בעזרת מכשיר הנקרא **מד מוליכות** (Conductivity Meter). המכשיר כולל שתי אלקטרודות שמוחדרות לתוך התמיסה (במקרה שלנו 2 האלקטרודות למעשה מובנות בתוך חיישן אחד). המכשיר מחשב את קצב זרימת הזרם החשמלי דרך התמיסה וממיר את התוצאה ליחידות של **מוליכות**.

לדוגמה:

- מים מזוקקים $0.5-2 \mu\text{S}/\text{cm}$
- מי ברז $200-800 \mu\text{S}/\text{cm}$
- מי ים $40-60 \text{mS}/\text{cm}$
- במהלך טיטרציה של חומצה-בסיס, בעקבות תגובת הסתירה שמתרחשת, יש שינוי בריכוז היונים הניידים בתמיסה ולכן נצפה שגם יהיו שינויים בהולכה החשמלית.

ביצוע הניסוי

הנחיות בטיחות

- **הניסוי יתבצע רק עם משקפיי מגן וכפפות.**
- יש להעביר את התמיסה לביורטה באופן איטי תוך שימוש במשפך.
- בסיום הניסוי יש לפנות את כל החומרים למגש הייעודי.
- בכל בעייה יש לעצור את הניסוי ולקרוא למדריכה/מורה לצורך עזרה וסיוע.

כלים:

- חיישן מוליכות מחובר למערכת GlobiLab
- כפפות
- משקפיי מגן
- משפך
- בוחש מגנטי
- כוס כימית ריקה בנפח 100 מ"ל – לייצוב קצב טפטוף מהביורטה
- משורה בנפח 50 מ"ל – למדידת נפח תמיסת $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- כוס כימית בנפח 100 מ"ל – לתמיסת $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (המטוטר)
- ביורטה בנפח 25 מ"ל - לתמיסת H_2SO_4 (המטוטר)
- כוס כימית בנפח 250 מ"ל – לשטיפת חיישנים

חומרים:

- תמיסת $\text{Ca}(\text{OH})_2$ בריכוז 0.023M בנפח 50 מ"ל (מסיסות של 1.73 gr/L בטמפרטורה של 20 מעלות צלזיוס). או תמיסת NaOH בריכוז 0.02M בנפח 50 מ"ל.
- תמיסת H_2SO_4 בריכוז 0.5M בנפח 30 מ"ל (לניסוי המקדים)

○ אינדיקטור פנול פתלאין (לניסוי המקדים בלבד)

ערכת Globisens

- חיישן מוליכות.
- תוכנת מחשב שמאפשרת שליטה בזמן תחילת הניסוי, תדירות המדידה, סוג המדידה, הפקת גרף ויצוא לאקסל.
- חיבור USB בין הבקר לבין המחשב
- בקר

מהלך הניסוי: (מומלץ שאת הניסוי הראשון יבצעו התלמידים בהדרכת המדריך שלב אחרי שלב)



1. באמצעות משורה מדדו 50 מ"ל תמיסת Ca(OH)_2 והעבירו לכוס כימית של 100 מ"ל שבתוכה בוחש מגנטי.
2. מלאו את הביורטה בכ 10 מ"ל תמיסת H_2SO_4 עד הסף העליון. יש לוודא שאין בועות אוויר בביורטה
3. חברו את חיישן המוליכות למכשיר ולאחר מכן טבלו אותו בכוס שכעת מכילה 50 מ"ל תמיסת Ca(OH)_2 .
4. הנחיות לחיבור חיישן המוליכות:
 - 4.1. יש לטבול את החיישן בתוך התמיסה, יש לייצבה כך שלא תופרע מעבודת הבוחש. יש לוודא שאין בועות אוויר כלואות בתוך חיישן המוליכות על ידי ערבוב החיישן בתמיסה.
 - 4.2. הציבו את הכוס על הבוחש והפעילו את הבחישה. יש לווסת את מהירות הבוחש כך שתהיה נמוכה יחסית (מינימלית) ולשמור על מהירות בוחש קבועה לאורך כל ארבעת הניסויים.
 - 4.3. הפעילו את מכשיר ה GLOBISENS: ודאו שהתוכנה מכוונת למדידת מוליכות.
 - 4.4. ליחצו על האיש הרץ: קריאת המוליכות ההתחלתית של תמיסת Ca(OH)_2 צריכה להיות 6.5-7.5 mS
 - 4.5. במידה וקריאת המוליכות יציבה על הערכים המצויינים, יש לעצור את המדידה. יש להעזר במדריכה במידה והקריאה שונה (ברירת המחדל היא להחליף חיישן).
5. **במהלך ביצוע הניסוי המקדים, המתואר בסעיפים הבאים, רישמו את תצפיותיכם ברמה המאקרוסקופית:**

לפני הניסוי	במהלך הניסוי	בסיום הניסוי
תמיסת חומצה גופריתנית H_2SO_4 :		
תמיסת קלציום הידרוכסיד Ca(OH)_2 :		

6. קביעת קצב הטפטוף מהביורטה:

6.1. קחו את הכוס הכימית השנייה (ריקה) של 100 מ"ל והעמידו אותה על הבוחש מתחת לביורטה (ליד הכוס הכימית עם התמיסה הבסיסית)

6.2. התחילו לטפטף את ה- H_2SO_4 לתוך הכוס הריקה באופן עדין בקצב איטי יחסית (טפטוף אחיד).

6.3. ליחצו על האיש הרץ לקריאת המוליכות של תמיסת $Ca(OH)_2$

6.4. לאחר התייצבות הטפטוף, יש להסיט בזהירות את הכוס המכילה את תמיסת $Ca(OH)_2$ כך שתהיה **מתחת** לביורטה ואת הכוס המכילה את ה- H_2SO_4 להוריד מהבוחש (זו שנועדה לייצוב הטפטוף).

יש להקפיד שהבוחש המגנטי לא יפגע בחיפושן וטפטוף החומצה מהביורטה יתבצע ישירות לתוך

התמיסה הבסיסית.

ברגע זה יש לקרוא בו-זמנית את נפח החומצה **ההתחלתי** בביורטה ואת הזמן שבו **התחילה** הטיטריציה על

ציר ה X **במחשב** (עדיף שיתבצע על ידי 2 תלמידים שונים). יש לרשום את הקריאות **ההתחלתיות** בטבלה להלן.

7. עקבו אחר שינוי המוליכות בגרף שנוצר (המוליכות יורדת). שימו לב באיזה נפח חומצה צבע התמיסה השתנה.

8. הפסיקו את הניסוי כאשר ערך המוליכות חזר בערך לערך ההתחלתי שלו ונוצר גרף בצורת האות V.

ברגע זה יש לסגור את ברז הביורטה ולעצור את הקריאת המוליכות במחשב בו-זמנית (עדיף שיתבצע על ידי 2 תלמידים שונים). יש לקרוא את נפח החומצה **הסופי** בביורטה ואת הזמן שבו **הסתיימה** הטיטריציה על ציר ה X **במחשב**. יש לרשום את הקריאות **הסופיות** בטבלה להלן.

ניסוי מספר:	נפח התחלתי בביורטה (חומצה) V0 – (מ"ל)	זמן תחילת הטיטריציה t0 – (שניות)	נפח סופי בביורטה (חומצה) Vf – (מ"ל)	זמן סיום הטיטריציה tf – (שניות)
1				
2				
3				
4				

9. הורד את נתוני הניסוי למחשב (קובץ אקסל ותמונת הגרף). יש לתת לקבצים שמות משמעותיים כדי לא לבלבל בין הניסויים.

10. סיום הניסוי:

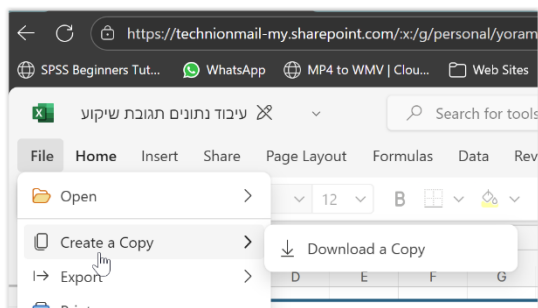
10.1. יש לשטוף את החיפושן במים מזוקקים לתוך כוס כימית של 250 מ"ל

10.2. יש לשטוף בכיור את הכוס שבה התבצעה הטיטריציה

10.3. במידה ומשנים את ריכוז/סוג החומצה אזי יש לשטוף את הביורטה

11. שימוש בקובץ אקסל להצגת הנתונים:

11.1. מצורף (קישור) לקובץ אקסל לעיבוד הנתונים. שם הקובץ: "עיבוד נתונים תגובת סתירה"



11.2. יש להוריד את הקובץ למחשב האישי שלכם

באמצעות תפריט:

File/Create a Copy/Download a Copy

11.3. בקובץ שהורדתם למחשב האישי שלכם יש

להעתיק ולהדביק את הנתונים שהתקבלו מהניסוי

בקובץ אקסל ללשונית המתאימה (לשונית נפרדת

לכל ניסוי). לעמודות B ו C (זמן ומוליכות)

11.4. יש להעתיק ולהקליד את נתוני הזמנים והנפחים שנרשמו בטבלה למעלה בלשונית הניסוי

המתאימה לתאים המתאימים (קצב הטפטוף יחושב אוטומטית).

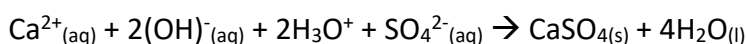
11.5. לאחר העתקת/הקלדת כל הנתונים הגרף יוצג בלשונית **Chart**.

12. ניסוחי תגובה ושאלות לתלמידים:

12.1. רשמו את ניסוח תגובת המסה של Ca(OH)_2 :
$$\text{Ca(OH)}_{2(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2(\text{OH})^{-}_{(aq)}$$

12.2. רשמו את ניסוח תגובת המסה של H_2SO_4 :
$$\text{H}_2\text{SO}_{4(l)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$$

12.3. רשמו את ניסוח תגובת השיקוע {נטון}:



12.4. הערה: נוצר מעט משקע אבל חלק מהיונים של $\text{CaSO}_{4(s)}$ התמוססו. היונים שלא יצרו משקע יוצרים

הולכה בנקודת הסתירה והם: $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$

12.5. הסבירו את תוצאות הניסוי ברמה המיקרוסקופית:

12.5.1. מדוע המוליכות יורדת בתחילת הטיטרציה?

12.5.2. מדוע התמיסה מוליכה חשמל בנקודת המינימום? אילו חלקיקים נמצאים בתמיסה בנקודת

המינימום?

12.5.3. מדוע המוליכות עלתה לאחר שהגיעה למינימום?