

חום כמוס – תדריך מעבדה

מטרת הניסוי

בניסוי זה תחלצו את החום הכמוס של חנקן נוזלי. לשם כך תמדדו את קצב האידוי של החנקן עבור הספקים ידועים.

בניסוי זה יש שימוש בחנקן נוזלי, אשר במגע עם העור גורם לכוויות קור קשות. אי לכך, יש להימנע ממגע ישיר עם החנקן ועם חלקי המעגל הטבולים בו.

יש לצמצם את הטיפול בכלי הקיבול של החנקן למינימום הדרוש לביצוע הניסוי.

מילוי החנקן יתבצע ע"י טכנאי המעבדה או מדריך הניסוי בלבד.

רשימת ציוד

1. דיואר חנקן 0.5L .
2. נגד $\Omega 200$ בעל הספק עבודה מקסימאלי של 5W .
3. ספק מתח.
4. מד מתח.
5. מד זרם.
6. מאזניים דיגיטליים.
7. שעון עצר דיגיטלי.
8. מערכת חיבורים וחוטים.

חלק א' – מדידת החום הכמוס בהספק קבוע

בחלק זה תמצאו את החום הכמוס ע"י מדידת קצב איבוד המסה של החנקן. לשם כך תצטרכו לבצע מדידות של הזמן והמאסה עבור אידי טבעי ועבור אידי מאולץ (האידי המאולץ מתקבל ע"י העברת זרם דרך נגד הטבול בחנקן נוזלי).

חלק א' - כללי

1. בניסוי נתבסס על הקשר הבא:

$$L = \frac{\Delta Q}{\Delta m} = \frac{P \Delta t}{\Delta m} = \frac{VI + P_0}{\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{total}} \quad (1)$$

P הוא ההספק הכולל, P_0 הוא ההספק הטבעי ו $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{total}$ הוא קצב האידי הכולל.

קצב האידי הכולל, מורכב לא רק מהאנרגיה שמתקבל מהעברת הזרם, אלא גם מאידי טבעי של החנקן, כיוון שטמפרטורת החדר גבוהה מטמפרטורת החנקן הנוזלי (כ -

$$-196^\circ \text{C}) \text{ ומתקיים: } \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{total} = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{electric} + \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{natural}$$

לכן, אם נחסיר את קצב האידי הטבעי מקצב האידי הכולל נקבל את הקשר הבא:

$$L = \frac{VI}{\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{electric}} \quad (2)$$

ע"פ האמור לעיל, מדידת קצב האידי, כלומר שינוי המסה ליחידת זמן, תאפשר לנו, ביחד עם מדידת המתח והזרם, לחשב את החום הכמוס. האופן בו יימדד קצב זה יהיה ע"י רישום הזמן כפונקציה של מסת החנקן.

2. מדידות המסה יבוצעו על ידי מדידת משקל המערכת כולה (דיואר, נגד והחנקן). היות והערך היחיד שלמעשה ישפיע על התוצאות הוא **השינוי** במסה, אין זה משנה מהי מסת הדיואר והנגד, היות והיא קבועה. מדידת מסת המערכת לאורך הניסוי תאפשר מדידה של השינוי במסת החנקן (כיוון שמסת הדיואר עצמו לא משתנה).

חלק זה של הניסוי יבוצע בשלושה שלבים:

א. מדידת מסת החנקן כפונקציה של הזמן כאשר לא עובר בו זרם כלשהו (דהיינו אידי רק בשל הפרש הטמפרטורה בין החנקן הנוזלי לבין הסביבה).

ב. מדידת מסת החנקן כפונקציה של הזמן כאשר עובר בו זרם קבוע.

- ג. מדידה נוספת של מסת החנקן כפונקציה של הזמן ללא העברת זרם כלשהו.
3. באמצעות המדידות הנ"ל תבנו גרף המתאר את המסה כתלות בזמן ותתאימו שלוש התאמות ליניאריות לקבלת ערכי השיפועים (a_1, a_2, a_3) של כל שלב (שינוי מסת החנקן בכל אחד מהשלבים).
- לאחר מכן, תחשבו את קצב שינוי המסה כתוצאה מהעברת הזרם בלבד בעזרת הקשר המופיע ברקע התיאורטי:

$$\left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{electric} = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2} \quad (3)$$

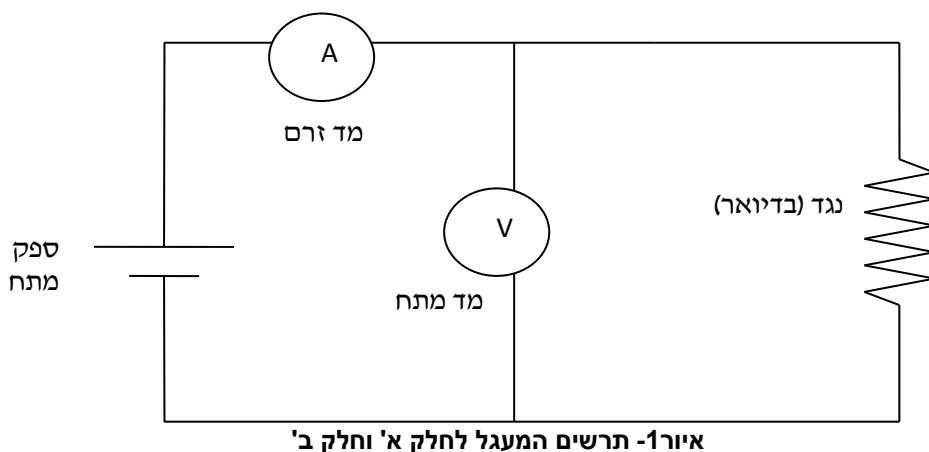
ובעזרת מדידות המתח והזרם תחשבו את החום כמוס, ע"י נוסחה (2).

ביצוע המדידות - חלק א'

הכנות למדידות

1. בחנו את המאזניים – נסו למדוד עצם כלשהו וראו שהמשקל יציב.
2. הניחו את הדיואר על המשקל
3. חברו את המעגל החשמלי אל הדיואר 0.5L (הגבוה), כמתואר באיור (1). את חוטי המעגל החשמלי תלו על הוו המיועד לכך (על מנת שימנע הפרעות במדידת המאסה במהלך הניסוי).

תרשים המעגל



4. קבלו את אישור המדריך על חיבור המעגל. אין להפעיל מעגל חשמלי לפני אישור מהמדריך במעבדה!

5. וודאו שהמכשור תקין ועובד, הגבילו את ספק המתח לזרם של 0.2 [Amp] . בשביל שלב זה של הניסוי בחרו מתח אחד בין $10\text{-}25 \text{ [V]}$

שאלה מנחה: כיצד תקבעו מהן הסקלות המתאימות?

6. הניחו את הדיואר על המאזניים. **התרשמו** מהו קצב האידוי הטבעי של החנקן והחליטו על קצב מדידה מתאים לניסוי. **שימו לב, כאן אין מדובר במדידות לכשעצמן, אלא בהכנות לביצוע המדידות.**

שאלה מנחה: מהם השיקולים לבחירת אינטרוול מסה גדול/קטן?

לפני תחילת ביצוע המדידה של קצב האידוי הטבעי, בחרו מתח אחד בטווח $10\text{-}25$ וולט (בהמשך זה יהיה המתח של האידוי המאולץ).

שאלות מנחות:

- מדוע ישנו טווח מתחים ממנו יש לבחור את המתח? מה יקרה במתח נמוך מדי? מה יקרה במתח גבוה מדי?

ביצוע המדידות

7. (אידוי טבעי) בצעו מדידה של קצב האידוי הטבעי של החנקן ע"י מדידת הזמן בהפרשי מסה קבועים. לשם כך השתמשו בשעון העצר הדיגיטאלי העומד לרשותכם. החליטו לכמה מדידות תזדקקו בניסוי. זכרו שמטרת שלב זה היא לחשב את קצב האידוי של החנקן ע"י התאמה לינארי, כמה מדידות צריך בשביל התאמה כזו? שימו לב: השעון ממשיך לרוץ ללא הצגת זמן רץ, לחיצה נוספת על "התחל" תעדכן את התצוגה **(עם זאת אין לאפס את השעון לאורך כל חלק א של הניסוי וזאת על מנת לקבל את הגרף המתואר ברקע התיאורטי בו כל שלושת השלבים מופיעים יחדיו על אותו הגרף).**

8. (אידוי מאולץ) לאחר סיום המדידה הקודמת, הפעילו את המעגל החשמלי במתח שבחרתם. לאחר שהמערכת תתייצב (בערך כדקה), וודאו שמכשירי המדידה (האמפרמטר והוולטמטר) מכילים לסקאלות המתאימות **(מכיוון שהשגיאות של מכשירי המדידה תלויות בסקלות, מומלץ להשתמש בסקלות קבועות לכל אורך הניסוי - כאשר הדבר אינו פוגע בדיוק המדידה. חזרו על המדידה של הסעיף**

הקודם- עדכנו במידת הצורך את הפרש המסה בו תשתמשו. (רמז - היזכרו מהם השיקולים לבחירת אינטרוול המסה).

9. במהלך שלב זה יש למדוד את הזרם והמתח. חשבו כמה מדידות של הזרם והמתח יש לבצע במהלך השלב, זכרו שמניחים שהזרם והמתח נשארים קבועים לאורך הניסוי ולכן נרצה להראות זאת.

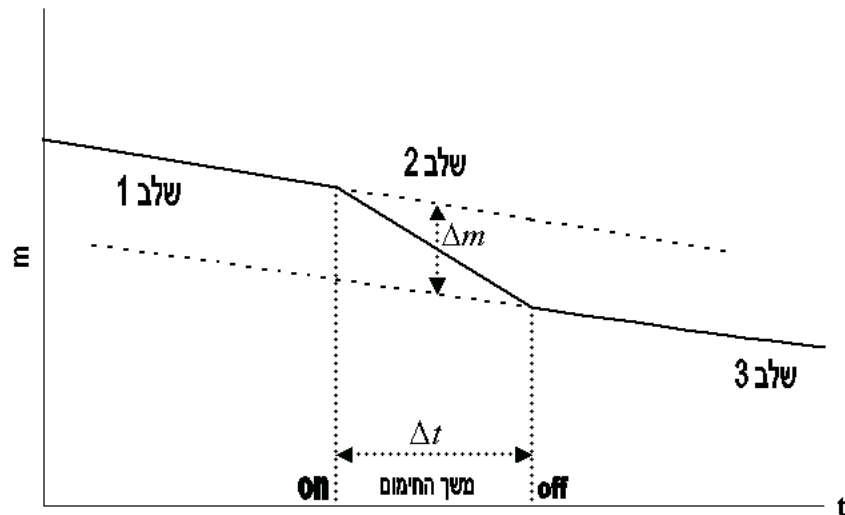
10. (אידי טבעי) כבו את הספק, ולאחר שהמערכת תתייצב חזרו על סעיף (6), כדי לקבל את קצב האידוי הטבעי לאחר החימום החשמלי.

דגשים

- רגישות המערכת: היווכחו בעצמכם כי המערכת רגישה מאוד לתזוזות, רעידות, משבי אויר וכו'. לכן הקפידו בעת ביצוע המדידות על חסרת הפרעות ככל האפשר. מה הגורם הרגיש במערכת?
- אל תשכחו להמתין כדקה בערך לאחר כל שינוי במתח (שינוי יכול להיות כיבוי/הדלקה או הגדלה/הקטנה של המתח). מדוע? מה המשמעות שהמערכת מתייצבת?
- אל תשכחו למדוד את הזרם והמתח ושגיאותיהם בשלב של האידוי המאולץ.
- במהלך ביצוע המדידות נסו לחשוב מהם גורמי השגיאה בניסוי.

עיבוד ראשוני

1. בצעו עיבוד ראשוני של הנתונים שאספתם. שרטטו גרפים של הנתונים שאספתם בתוכנת האקסל - התעלמו מחישוב שגיאות בשלב זה. וודאו כי אתם מקבלים את צורת הגרף המצופה.



2. בדקו כי אכן קצבי האידוי הטבעי דומים אחד לשני וכי קצב האידוי החשמלי גדול משניהם.

הנחיות לעיבוד התוצאות ושאלות להתייחסות בדו"ח

1. שרטטו גרפים של הנתונים שאספתם. בצעו התאמה לינארית בנפרד לכל שלב מדידה כך שיופיעו על אותו הגרף (שלושה סטים של נתונים. מעלים סט אחד, מבצעים התאמה אך לא סוגרים את חלון הגרף כשעוברים לסט הבא).
2. הציגו טבלה המרכזת את הנתונים של שלוש ההתאמות.
3. הציגו את גרפי השארים של 3 ההתאמות. התייחסו אליהם.
4. בחנו את ערכי טיב ההתאמה, האם המדידות מתאימות לנוסחה הלינארית? אם לא, העזרו בגרפי השארים והסבירו מה במערכת הניסוי גרם לחוסר ההתאמה ומה זה אומר על הנוסחה התאורטית.
5. מצאו את קצב איבוד המסה הנובע רק מהחימום החשמלי. לשם כך השתמשו בהסבר הניתן ברקע התיאורטי ובהקדמה לניסוי, כפי שתואר לעיל.
6. חשבו את החום הכמוס של החנקן מתוך קצב איבוד המסה שחישבתם.

7. השוו בין הערך שקיבלתם לערך התיאורטי. חשבו את השגיאה היחסית עבור הערך שקיבלתם. הערך התיאורטי עבור החום הכמוס של חנקן נוזלי הוא

$$L = 200.0 \pm 1.0 \frac{J}{gr}$$

8. תאורטית נצפה שקצב האידוי בשני שלבי האידוי הטבעי יהיה זהה. השוו **כמותית** בין קצב האידוי בשני השלבים. האם הוא יצא זהה? אם לא, הסבירו מה אתם משארים שגרם לכך לפי תוצאות הניסוי.

9. בחנו את הערך שקיבלתם עבור החום הכמוס. האם הוא גבוה או נמוך מהערך הצפוי? מהי לדעתכם הסיבה לכך? האם זה הגיוני? האם המקרה ההפוך הגיוני?

חלק ב' – מדידת החום הכמוס בהספקים שונים

בחלק זה עליכם למצוא את החום הכמוס של החנקן תוך שינוי ההספק שהנגד נותן ובניית גרף של קצב איבוד המסה כפונקציה של ההספק. מתוך הגרף יחולץ החום הכמוס של החנקן.

חלק ב' - כללי

1. חלק זה דומה מאוד לשלב האידוי המאולץ בחלק א' (סעיף 7). בחלק זה תבצעו מדידות קצב אידי מואולץ בהספקים שונים.
2. שימו לב כי מערכת הניסוי לא השתנתה, וכן כי אופן ביצוע המדידות לא השתנה, ולכן כל דגשי הביצוע מחלק א' תקפים גם כאן.
3. כווננו את המערכת להספק מסויים ומדדו את קצב איבוד המסה כפי שבוצע בשלב א' של הניסוי. חזרו על מדידות המסה כפונקציה של הזמן למספר הספקים שונים (אל תשכחו למדוד את הזרם והמתח גם כן). כמה הספקים שונים נרצה למדוד? (זכרו שגם כאן נרצה לבצע התאמה לינארית). לכל סט מדידות של מסה וזמן, המתאים להספק (מתח וזרם) מסויים תוכלו למצוא (באופן דומה לחלק א' של הניסוי) את $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{total}$. בצורה כזו תקבלו סט של קצבי שינוי המסה הכולל בזמן $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)_{total}$. כתלות בהספק P (כיצד משתנה קצב האידוי כשמשנים את ההספק ומדוע?).
4. בעזרת בניית גרף מתאים וביצוע התאמה לינארית תוכלו לחשב את החום הכמוס L של החנקן (נוסחה (1) בתדריך זה).

שאלת הכנה

חישובו מדוע אין צורך לחשב את קצב האידוי הטבעי ולהחסירו כפי שביצענו בחלק א של הניסוי.

הכנה למדידות

1. תכננו באילו מתחים תשתמשו בניסוי. כל אחד מהמתחים יתרום נקודה בודדת על הגרף. טווח המתחים, כאמור, הוא 10-25 וולט.

שאלה מנחה: באיזה סדר יש לבצע את המדידות? בסדר עולה? יורד?
אקראי? או שאין בכלל חשיבות לסדר ביצוע המדידות?

ביצוע המדידות

2. הפעילו את המעגל החשמלי באחד מהמתחים שבחרתם, ובהתאם לסדר המתחים עליו החלטתם, ובצעו את המדידה באופן דומה לחלק הקודם (סעיף 7) - **ללא מדידת קצב האידוי הטבעי לפני ואחרי הפעלת המעגל.**

הקפידו לרשום את ערכי המתח והזרם איתם עבדתם. זכרו לחכות בין שלב לשלב שהמערכת תתייצב.

3. חזרו על המדידה באופן זה עבור כל אחד מהמתחים שבחרתם.

4. גם בשלב זה אין לאפס את השעון!

הנחיות לעיבוד התוצאות ושאלות להתייחסות בדו"ח

1. הציגו את כל הגרפים באיור אחד כפי שעשיתם בשלב א'. חשבו את קצב איבוד המסה מתוך הגרף, ואת שגיאתו, והציגו את אלה בטבלה יחד עם תוצאות ההתאמה.
2. שרטטו גרף של קצבי איבוד המסה שמצאתם כפונקציה של ההספק. בצעו התאמה לינארית לגרף ששרטטתם. הציגו את גרף השארית והתייחסו אליו.
3. חשבו מתוך ההתאמה את החום הכמוס של החנקן, שגיאתו, והשגיאה היחסית.
4. השוו בין הערך שקיבלתם לערך התיאורטי וכן לערך שקיבלתם בחלק הקודם של הניסוי.
5. חישוב מה מייצגת נקודת החיתוך של הגרף של קצבי איבוד המסה שמצאתם כפונקציה של ההספק עם ציר ה-Y.
6. האם המודל הלינארי מתאים לגרפים בסעיף 1? ובסעיף 2? מה אתם מסיקים מכך? דונו והסבירו!
7. במידה ויש הבדל בין תוצאות החום הכמוס בחלקים א' ו-ב' נסו להסביר מה מקורו.

נספח - הכנת גלידה

חשוב: על נציג מהקבוצה ליצור קשר עם מדריך הניסוי בכדי לוודא אם מתוכננת ואפשרית הכנת גלידה בתום הניסוי.

רשימת מצרכים לכלל הקבוצה:

- שמנת מתוקה- שני קרטונים.
- חלב- כוס אחת (אפשר להביא חלב עמיד
- סוכר- רבע כוס
- אופציה כדאית: עוגיות אוראו, לוטוס, או כל סוג אחר של עוגיות, פירות רכים כגון בננות.

הכנת הגלידה תלויה בכם, אז התארגנו בהתאם!