**כיצד לכתוב דוח מעבדה - המדריך (הכמעט) שלם**

מבנה כללי:

אלא אם צוין אחרת על ידי המדריך, דוחות מעבדה צריכים לכלול לפחות את הדברים הבאים:

1. כותרת, שמות ותאריך המעבדה
2. מטרות הניסוי
3. מבוא ורקע תאורתי מינימאלי וענייני
4. תיאור כללי ותמציתי של מהלך הניסוי
5. תוצאות הניסוי
6. דיון בתוצאות
7. מסקנות
8. רשימת מקורות

**על העמודים בדוח להיות ממוספרים.**

חישוב שגיאה

במעבדה זו אין משמעות לערך כלשהו (נמדד או מחושב) ללא התייחסות לשגיאה של התוצאה. להלן הנקודות העיקריות בטיפול בשגיאות (ככלל עדיף להחמיר בחישוב השגיאה):

1. באופן כללי קיימים 3 סוגי שגיאות: שגיאת אדם, שגיאת מכשיר ושגיאת סטטיסטית. כאשר רושמים ערך שגיאה מסוימת נהוג לסכום את כלל השגיאות כדי לקבל את השגיאה הכללית. ע"מ להקל ולחסוך זמן, בעיקר אם אחת השגיאות גדולה משמעותית משני האחרות, נהוג לרשום ולהתייחס רק לשגיאה הגדולה ביותר. לדוגמא: בשגיאה במדידת זמן, שגיאת המכשיר היא 0.01 שניה, אך זמן התגובה האנושי הוא כ- 0.3 שניה. לכן ניתן להזניח את שגיאת המכשיר ולהתייחס רק לשגיאת זמן התגובה.

כאשר עלינו לחבר או לחסר ערכים **נמדד** כלשהו (למשל כאשר מחברים שתי מסות שונות) עלינו לחבר את השגיאות של הערכים לכדי שגיאה אחת. למשל אם שקלנו ואיחדנו שני מנות של 23.5 + 0.5 אז הערך של המסה הכללית יכתב כך 47+1

במקרים בהם אנו צריכים לאחד ערכים מחושבים, לדוגמא אם אנו מערבבים שתי תמיסות בריכוז מסויים ואנו רוצים לדעת מהי שגיאת הריכוז החדש, עלינו למצוא את השגיאה המשותפת של הריכוז על ידי חיבור שורש הריבועים:
ייתכן ובניסויים מסויימים תידרשו בחישוב השגיאה בצורה אחרת ע"י המדריך. **כמובן שעליכם לעשות כבקשת המדריך!**

1. במדידת שלושה ערכים תואמים ומעלה יש לבצע סטית תקן אשר תחליף את שגיאת המכשיר (רק במידה והיא תהיה גדולה משגיאת המכשיר). במידה וסטית התקן והשגיאה קרובות בערכיהן יש לבצע חיבור שגיאות כפי שהוסבר בסעיף 1. במידה וסטית התקן קטנה משמעותית משגיאת המכשיר יש להתחשב רק בשגיאת המכשיר. את סטית התקן ניתן לקבל מחישוב בתוכנת EXCEL.
2. על מנת לחשב שגיאה של ערך שחושב מתוך משוואה מבצעים נגזרת חלקית של המשוואה וממנה מחלצים את השגיאה, לדוגמא עבר המשוואה: נרצה למצוא את השגיאה של הלחץ ולכן נבצע נגזרת חלקית של P לפי כל המשתנים בצורה הבאה:
המשוואה הסופית תראה כך:
כאשר
n Δ = השגיאה במדידת או חישוב מספר המולים
T Δ = השגיאה בחישוב או מדידת הטמפרטורה
V Δ = השגיאה בחישוב או מדידת הנפח

ספרות משמעותיות

במעבדה זו יש הקפדה על דיווח נכון של התוצאות, מה שכולל כתיבה נכונה של הספרות המשמעותיות של התוצאות.

* מספר הספרות הנלקח לאחר הנקודה יהיה ביחס ישר לשגיאה של המכשיר או החישוב, לדוגמא:

10 מ"ל אשר נמדדו בעזרת משורה שהשגיאה שלה היא 0.1 מ"ל ירשמו כך: 0.1 ± 10.0 מ"ל

10 מ" אשר נמדדו בעזרת בקבוק כיול בעל שגיאה של 0.03 מ"ל ירשמו כך: 10.00 ± 0.03 מ"ל

* בשגיאות חישוב יש לעגל את השגיאה עד לספרה המשמעותית הראשונה ובהתאם לעגל גם את התוצאה, לדוגמא:

בחישוב שיצא 0.00235 ± 0.000448 יש לעגל את התוצאה כך:
0.0024 ± 0.0004

בחישוב שיצא 248.53±15.33 יש לעגל את התוצאה כך: 250±20

חישוב ממוצע ריכוזים בעזרת טיטרציה

כאשר רוצים לעשות ממוצע של תוצאות טיטרציה יש לחשב את הריכוז של כל טיטרציה בנפרד ואז לעשות ממוצע של הריכוז שהתקבל לקבלת הריכוז הממוצע.

תוצאת הריכוז תלויה בנפח התמיסה שהוסף אשר יכול להשתנות מטיטרציה לטיטרציה ולכן לא נעשה ממוצע על נפח המטטר כי אם על התוצאה הסופית של הטיטרציה.

טיפול בגרפים

גרפים הינה אחת השיטות המקובלות והפופולריות להצגת נתונים ויש מספר כללים שחייבים להקפיד עליהם בהכנת גרפים:

1. לכל גרף צריכה להיות כותרת המסבירה בבירור ובתמציתיות מה מוצג בגרף.
2. גרפים צריכים להיות לכל רוחב העמוד ויתפסו בין 1/3 ל- 1/2 עמוד כל גרף.
3. יש להקפיד על כתיבת מהם הערכים המוצגים בכל ציר כולל יחידות. כאשר ניתן, יש להשתמש באות באנגלית המייצגת את ערך הציר לפי המשוואה, לדוגמא בציר זמן כותרת הציר תהיה t.
4. יחידות הציר יכולות להיות מוצגות באחת משתי דרכים. או בתוך סוגרים מרובעים, לדוגמא [min]. או על ידי שימוש בלוכסן אחורי (backslash) לדוגמא, /min כל צורה אחרת אינה מקובלת.
5. הגרפים תמיד יוצגו "כאילו" הם ברביע הראשון של מערכת הצירים הקרטזית, כלומר ציר ה-Y **תמיד** יהיה מצד שמאל וציר ה-X **תמיד** יהיה בתחתית הגרף! גם אם הנתונים הם ברביע אחר של מערכת הצירים (לדוגמא ציר Y שלילי) ציר ה-X עדיין יהיה בתחתית הגרף!
6. על הנקודות או הפרמטרים המוצגים בגרף לתפוס כ- 80% משטח הגרף, כך שאין כמעט אזורים "מתים" בגרף ללא נתונים.
7. לעולם לא מציגים **גם** קו מגמה **וגם** קווים המחברים בין הנקודות בגרף! תמיד נציג או קו מגמה, או שנחבר את הנקודות בקו.
8. לא יהיה ניתן להתייחס לגרף לינארי אם לא יהיה מוצג קו מגמה הכולל את משוואת הקו וה- R2.

נושא נוסף שרלוונטי לטיפול בגרפים הוא הורדת נקודות שלא מסתדרות עם הגרף:

1. בכל מקרה נציג את הגרף המקורי ובמידה ותרצו להוריד נקודה או מספר נקודות תציגו זאת בגרף חדש **בנוסף** לגרף המקורי.
2. כאשר אתם מורידים נקודות יש לנסות להסביר מדוע הורדתם את הנקודות. רצוי לבדוק האם קיימת סיבה מעבר ל"שגיאת מכשיר", כיוון שבדרך כלל ניתן למצוא סיבה כזו. לעיתים המדריך יאמר לכם אחרת בניסוי.
3. הורדת נקודות צריכה להיעשות בצורה מושכלת. בדרך כלל לא יהיה ניתן להוריד נקודה אחת מגרף המכיל 4 נקודות כיוון שמדובר בחלק גדול מהנתונים, להוריד 2 נקודות מגרף המכיל 20 נקודות יכול להיות הגיוני.
4. בכל מקרה בו אתם לא בטוחים האם ניתן או לא ניתן להוריד נקודות, קודם כל תבדקו מה יוצא ה- R2 של ההתאמה הלינארית. במידה והוא גדול או שווה ל- 0.9, אין צורך להוריד נקודות. במידה והוא נמוך יותר ואתם לא בטוחים, פנו אל מדריך המעבדה שלכם.

דוגמאות חישוב

כל חישוב שאתם עושים בדוח צריך להיות מודגם על ידי דוגמת חישוב פעם אחת.

1. בדוגמת החישוב אנחנו מצפים לראות את המשוואה עם הפרמטרים בה השתמשתם על מנת לבצע את החישוב, לדוגמא: Patm = nmolRJ/mol\*K\*TK / VL
2. רצוי להסביר כל פרמטר במשוואה
3. לאחר מכן עליכם להציב נתונים אמתיים מהניסוי שלכם במשוואה ולהראות את החישוב כולל התוצאה. **אל תשכחו יחידות**!

טיפול בתוצאות לא טובות

מדיי פעם אתם תיתקלו במצב שהתוצאות שקיבלתן אינן תואמות את מה שציפיתם שיקרה. אנחנו נבדיל בין שני מצבים של תוצאות לא טובות:

1. תוצאות לא טובות כתוצאה מטעות אנוש, לדוגמא הכנתם שתי תמיסות והתבלבלתם ביניהן כך שהתוצאות שציפיתם שיתקבלו עבור תמיסה 1 התקבלו עבור תמיסה 2.

במקרה כזה עליכם לבצע את כל הטיפול בתוצאות כאילו התוצאות שקיבלתם הינן התוצאות האמתיות ובדיון בתוצאות לכתוב שלדעתכם קרתה טעות אנוש והתמיסות הוחלפו. אם אכן זה המצב אז התוצאות שהיינו **צריכים** לקבל היו נותנים ערכים הגיוניים וכ"ו...

1. תוצאות לא טובות שלא ניתנות להסבר כתוצאה מטעות אנוש. במקרה כזה התייעצו עם מדריך המעבדה. ייתכן שהוא יבקש מכם להתייחס לתוצאות שקיבלתם וייתכן שהוא ייתן לכם תוצאות אחרות לעבוד איתם כתלות בניסוי.
2. בכל מקום בו ניתן להשוות את התוצאות המתקבלות לספרות יש לעשות זאת (אלא אם המדריך אמר לכם אחרת). ההשוואה תעשה בסוף הדוח לפני החלק של דיון ומסקנות ,כך שהתוצאות שלכם יוצגו ליד התוצאות הספרותיות כולל הסטייה מהערך הספרותי. בדיון בתוצאות יש להסביר למה לדעתכם התרחשה השגיאה. שימו לב שהסבר כגון "קיבלנו ערך גבוה יותר בגלל שגיאות המכשירים" יתקבלו רק במידה והשגיאה המחושבת לערך אכן נמצאת בטווח הערך הספרותי. לדוגמא אם יש 10% הבדל בין הערך המחושב לערך הספרותי וקיבלתם 20% שגיאה.

דוגמא נוספת יכולה להיות שבניסוי קיבלתם את הערך 8±1 והערך הספרותי הוא למשל 8.5. במקרה כזה אתם לא יכולים לכתוב שיש סטייה מהערך הספרותי כיוון שלמעשה הוא נמצא בתוך הטווח של הערך שלכם ולכן ניתן לכתוב שהערכים מתאימים. כמובן שעדיין כדאי להתייחס לערך השגיאה הגבוה.

בכל מקרה התעלמות מתוצאות לא טובות והתייחסות אליהם כתוצאות טובות אותן ציפיתם לקבל תגרור הורדת נקודות בדוח.

רשימת מקורות

ישנם מספר כללים בכתיבת רשימת מקורות:

1. אתרי אינטרנט ובפרט וויקיפדיה אינם נחשבים למקורות ספרותיים מקובלים! רשימת אתר אינטרנט ובמיוחד וויקפדיה תגרור הורדת נקודות, **אלא אם נאמר לכם אחרת מפורשות על ידי המדריך.**
2. מקורות ספרותיים מקובלים הם ספרים מדעיים, מאמרים ובמקרים מסויימים גם פטנטים.
3. פורמט הכתיבה של מקורות ספרותיים הוא:

Authors name in the order they are written in the publication, Publication title, journal name, year of publication, (if it's an article) journal issue, volume and page numbers.

לדוגמא:

Ya Yan, BaoYu Xia, Xiaoming Ge, Zhaolin Liu, Jing-Yuan Wang, and Xin Wang, Ultrathin MoS2 Nanoplates with Rich Active Sites as Highly Efficient Catalyst for Hydrogen Evolution, *ACS applied materials & interfaces* **(2013)**, 5, 24, 12794-8

הארכות

אנו מבינים היטב כי דרישות המעבדה גבוהות ממה שנתקלתם עד היום ושיש לכם שנה צפופה ולחוצה. זה לגיטימי לבקש הארכה של מספר ימים בהגשת הדוחות ולרוב אנו נאפשר לכם לקבל אותה אם רק תבקשו.

הערה אחרונה לפני סיום

* **לכל ניסוי יש דגשים נוספים הרלוונטים לאותו הניסוי הספציפי.**
* **לכל מדריך יכולים להיות שינויים או דגשים קטנים בכתיבת הדוחות.**

**הקפידו לוודא שאתם לא כותבים את הדוח לפני שבררתם מול המדריכים האם יש דגשים ספציפיים לדוח אותו אתם צריכים לכתוב**

**בהצלחה!**