

פורמט דו"ח מעבדה ג' בפיסיקה

במסמך הזה תמצאו כללים בסיסיים לכתיבת דו"ח (בעברית) בפורמט מדעי בדומה למאמרים המתפרסמים מדי יום, למשל בארכיון פומבי כמו [arXive](https://arxiv.org/). כמובן שהפורמט יכול להיות קצת שונה אבל ישנם מספר חוקים בסיסיים שכולם מקיימים. הכוונה היא שתצמדו ככל האפשר לחוקים אלו בזמן כתיבת הדו"ח. מי שמעדיף לכתוב באנגלית, מה טוב. בהמשך תמצאו מספר דוגמאות רלוונטיות לאופן בו מופיעים האובייקטים השונים בדו"ח. כל חלק של הדו"ח יכול להתחלק למספר תתי חלקים כרצונכם אך במידה.

- **אורכו הכולל של הדו"ח** צריך להיות עד 10~ עמודים כאשר כל עמוד יהיה ממוספר.
- **טבלאות** שאינן רלוונטיות יכללו בנספח רק לפי הצורך – לברר עם המדריך אם אתם לא בטוחים.
 - ❖ טבלאות שמהן אתם גוזרים גרפים לא צריכות להיכלל.
 - ❖ טבלאות המהוות סיכום של מספר תוצאות סופיות הרלוונטיות להשלמת התמונה יכללו בגוף הדו"ח. כמובן שטבלאות כאלו לא יכולות להיות גדולות מדי.
 - ❖ כל טבלה בגוף הטקסט תמוספר באופן יחודי.
- **נוסחאות** צריכות להופיע בד"כ עם מספור רץ בשורה נפרדת אם אתם מתייחסים אליהן בהמשך. אפשר להכניס נוסחאות ללא מספור בגוף הטקסט בתנאי שלא מתייחסים אליהן לאחר מכן ובתנאי שהן מספיק קומפקטיות כדי לא להופיע בשורה נפרדת.
 - ❖ מתחת לכל נוסחה יש להסביר מהם כל הגדלים המופיעים בה.
 - ❖ הפניה למשוואה בטקסט תעשה בתוך סוגריים באופן הבא: "ממשוואות ($\#_1$) ו- ($\#_2$) ניתן ללמוד כי...".
- **סימוכין (References)** חייבים להופיע לכל אורך הדו"ח במקום הסברים ארוכים.
 - ❖ לצטט רק מקורות רשמיים, כלומר, חומר שפורסם בספר / במאמר או באתר רשמי של קבוצת מחקר מוכרת. בכל מקרה, Wikipedia **לא** נחשבת מקור מידע רשמי.
 - ❖ סדר ההופעה של המקורות בטקסט יהיה זהה לסדר רשימת המקורות בסוף הדו"ח.
 - ❖ פורמט ההפניה למקור בגוף הטקסט הוא, $\#$ או $\#_1 - \#_4$ (**מספור מסודר**) או $\#_1, \#_5, \#_9$ (**מספור לא מסודר**) כאשר הסימנים $\#_1, \#_2$ כאן מתאימים למספרי המקורות כפי שמופיעים ברשימת המקורות.
 - ❖ פורמט רשימת המקורות עבור (Journals, Books, Conference-Proceedings and Web pages) הוא,
 - $\#$] Authors, Journal, Vol. # Year Pg. 1st
 - $\#$] Authors, "Title of the Book", Publisher, Year
 - $\#$] Authors, "Title of the work", Conference name, Place, Year
 - $\#$] Collaboration Name, Web link / http address
 - ❖ הכלל הוא שאם יש יותר מ-3 מחברים (Authors) אז יש להחליף: Authors → Author#1, et al.
- **הערות שוליים (footnotes)** ימוספרו ויופיעו בתחתית הדף בפונט בגודל 7-8.
- **יחידות** לא מופיעות בטקסט בסוגריים מרובעים. למשל, אנרגיית המנוחה של האלקטרון: $m_e c^2 = 0.51 \text{ MeV}$.
- **תוצאות סופיות מדודות ושגיאותיהן**
 - ❖ להקפיד להבדיל בין שגיאות סיסטמטיות לבין סטטיסטיות.
 - ❖ צורת ההצגה של שגיאה היא למשל, $m_e c^2 = 0.495 \pm 0.011(\text{stat}) \pm 0.053(\text{syst}) \text{ MeV}$
- **איורים** לא חייבים לתפוס עמוד שלם אם הם ברורים מספיק. עבור כל איור צריך להופיע הסבר מתאים בטקסט, עם הערות לגבי מה ניתן ללמוד מהאיור.
 - ❖ לבדוק את הכותרות (axis label) ואת היחידות של כל הצירים (בגרף, היחידות יופיעו בסוגריים מרובעים).
 - ❖ כל איור ימוספר באופן יחודי. מבחינת המספור, אין הבדל בין איור לבין גרף ("both are treated as 'Fig'").
 - ❖ לאיור עצמו לא צריכה להיות כותרת עליונה אלא מילות-הסבר (caption) מתחתיו.
 - ❖ עקומה תאורטית תופיע כקו רציף בעוד שהנקודות הנסייניות שלכם יופיעו כנקודות עם שגיאות!
 - ❖ אם יופיעו מספר עקומות או סטים של נקודות, צריך להוסיף תווית (label) מתאימה לכל אחד. בשחור-לבן, יש להשתמש בסגנון מקווקו, קו-נקודה, נקודות וכו'. עבור מספר סטים של נקודות מדודות, להשתמש בריבועים, משולשים, עיגולים וכו'.
 - ❖ להשתמש כמה שפחות ב- excel ויותר בתוכנות אנליזה מתקדמות כמו Matlab, OriginLab.
 - ❖ התאמה (fit) לפונקציה - רשמו במפורש את טיב ההתאמה χ^2 / DOF והסבירו את משמעותה.
- **גודל הפונט** של גוף הטקסט יהיה 10-12 עם רווח של 1.0 בין שורות (אם אתם עובדים ב-Word).
- **פסקה** חדשה תתחיל עם Tab בשורה הראשונה
- **עברית-אנגלית** דברים שיותר קל לרשום באנגלית, תרשמו באנגלית (שמות, קיצורים וכדומה).
- **ניסוח אובייקטיבי ומרוחק** להשתדל להשתמש בביטויים כמו "המדידה התבצעה תוך שימוש ב..." במקום "ביצענו את המדידה כאשר השתמשנו ב...". בכל מקרה, **לא להשתמש בסלנג!**
- להקפיד על מבנה פשוט, ברור והיררכי ולתאר רק מה שלמעשה נמדד (לא לתאר דברים שלא עשיתם).
- לבדוק שאין שגיאות כתיב (spell-checker...), תחביר או חלקי משפטים/מילים שהעתקתם מהדו"ח הקודם...

נותרת

מגשים

1. שם ומשפחה, מספר ת.ז.
2. שם ומשפחה, מספר ת.ז.

תקציר

פסקה אחת המתארת את הניסוי באופן כללי ואת התוצאות אליהן הגעתם. להתייחס להתאמת התוצאות לתאוריה (measure of agreement, goodness of fit etc.).

1. מבוא

מבוא קצר (בערך שלושה עמודים). המבוא צריך לכלול תקציר של התאוריה הרלוונטית, המוטיבציה לביצוע הניסוי, הגדלים אותם תמדודו, שיטות העבודה הניסיוניות בהן תשתמשו בזמן הניסוי ושיטות עיבוד הנתונים בהן תשתמשו.

2. רקע תאורטי

רק אם הכרחי. למשל, בניסוי פיזור קומפטון, הביטוי המתאר את תהליך הפיזור מתקבל מתוך שיקולי שימור תנע-אנרגיה וניתן לרושמו באופן הבא:

$$\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} = \frac{1}{m_e c^2} (1 - \cos \theta) \quad (1)$$

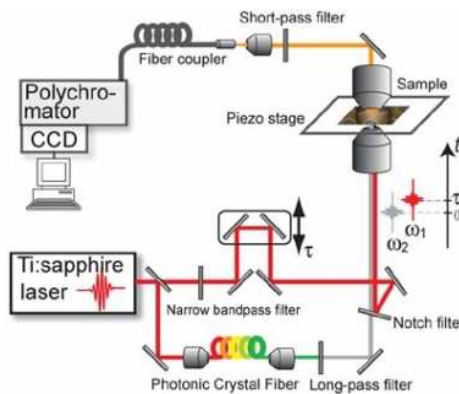
כאשר E היא אנרגיית הפוטון הפוגע, E' אנרגיית הפוטון המפוזר, $m_e c^2$ אנרגיית המנוחה של האלקטרון ו- θ זווית הפיזור הנמדדת במערכת המעבדה. חתך הפעולה הדיפרנציאלי של תומסון לפיזור של פוטון על אלקטרון, $\frac{d\sigma}{d\Omega}$, הוא,

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} \left(\frac{e^2}{4\pi m_e c^2} \right)^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad (2)$$

כאשר e הוא מטען האלקטרון. בניסוי נעבוד בתחום האנרגיות האופייני לתהליך קומפטון, כלומר באנרגיות בסדר גודל של 1 MeV [1]. שימו לב שהוספנו הפניה למקור שממנו הבאנו את הנתון האחרון. אם אתם לא מתכוונים להתייחס בהמשך למשוואות האלו, אז אין צורך למספר אותן. התייחסות למשוואה הראשונה תהיה למשל: חתך הפעולה של תומסון, ממשוואה (2) אינו כולל אפקטים קוונטיים ויחסותיים ולכן אינו מתאר כהלכה את תהליך פיזור קומפטון. ניתן להכניס גם הערות שוליים¹ שיפיעו בתחתית הדף בו הן מופיעות.

3. תצורת הניסוי

הסבר מקיף על המערכת הניסיונית, מרכיביה השונים ומאפייניהם המרכזיים. כדאי לצרף תרשים סכמטי המתאר את אופן הרכבת המערכת. לדוגמא, בניסוי מיקרוסקופטרוסקופיה, המערכת הניסיונית הורכבה כמתואר באיור [1]. בהמשך, יש לתאר כל מרכיב המופיע באיור בכמה משפטים נפרדים.



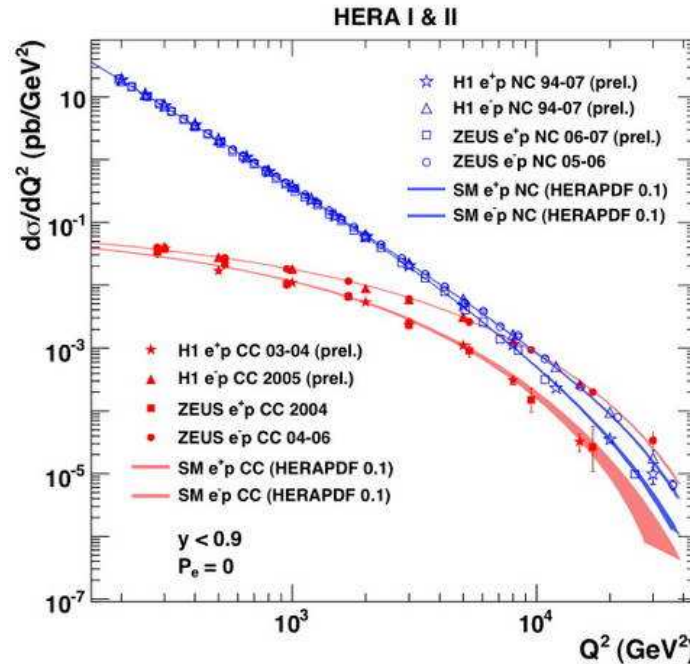
איור 1. תרשים סכמטי של המערכת המיקרוסקופטרוסקופית הניסיונית.

שימו לב שלאיור אין נותרת משלו. כמו כן, שימו לב לכיתוב בתחתית האיור ולמספור.

¹ שימו לב שחתך הפעולה המופיע במשוואה (2) אינו תלוי באנרגיית הפוטון הפוגע.

4. מהלך הניסוי ותוצאות

הסבר מקיף ומפורט על מהלך הניסוי באופן כרונולוגי או באופן אחר ע"פ הנחיות המדריך. שימו לב שלא כל תוצאת ביניים היא בהכרח חשובה ולכן לא כל התוצאות צריכות להופיע. בכל פעם שמופיעה תוצאה מדודה, צריכה כמובן להופיע גם שגיאת המדידה. כדאי וצריך להסביר מה המשמעות של כל תוצאה סופית שאתם מקבלים (לאור השיגאה) – ולא להשאיר את זה לסיכום. כך הדו"ח יותר נוח לקריאה. גרפים יופיעו באותו פורמט של האיור מהחלק הקודם, לדוגמא (ראו איור (2)),



איור 2. קצבי ריאקציה (חתי פשוטה) מדודים עבור תהליכי "זרם נייטרלי" (בכחול) או "זרם טעון" (באדום) כפונקציה של פרמטר ה-scaling, Q^2 , עבור פיזור e^+p ופיזור e^-p כפי שנמדדו על ידי הקולורציות H1 ו-ZEUS. העקומות הרציפות מייצגות את התחזית התאורטית המחושבת מתוך המודל הסטנדרטי (SM) כמתואר בגרף.

שימו לב שלגרף הזה יש גם כותרת משלו אבל היא לא יכולה לבוא במקום הכיתוב בתחתית (caption). כמו כן, שימו לב לכותרות של הצירים, ליחידות שלהם ולתוויות (labels) על הגרף עצמו. אפשר לראות שהמספור ממשיך את מספור האובייקטים מסוג "איור".

אם עשיתם התאמה לפונקציה, **רשמו במפורש את טיב ההתאמה** $\frac{\chi^2}{DOF}$ (ראו [2]) והסבירו מה משמעות התוצאה. טבלאות יופיעו במקרים שבהם ריכוז תוצאות בטבלה (קומפקטית וברורה) הוא הכרחי, כמודגם בטבלה (2),

Channel	$\sigma (\times B_r)$	ϵ_{filter}	$N_{ev} (\times 10^3)$	$\mathcal{L} (\text{pb}^{-1})$
$W \rightarrow e\nu$	20510 pb	0.63	140	11
$\gamma/Z \rightarrow ee, \sqrt{s} > 60 \text{ GeV}$	2015 pb	0.86	399	230
$\gamma/Z \rightarrow ee, \sqrt{s} < 60 \text{ GeV}$	9220 pb	0.022	197	969
$W \rightarrow \tau\nu_\tau$	20510 pb	0.20	32	8
$Z \rightarrow \tau\tau$	2015 pb	0.05	13	129
$i\bar{i}$	833 pb	0.54	382	850
Inclusive jets ($p_T > 6 \text{ GeV}$)	70 mb	0.058	2480	0.0006
Inclusive jets ($p_T > 17 \text{ GeV}$)	2333 μb	0.09	3725	0.02
$WW \rightarrow (e\nu)(e\nu)$	1.275 pb	1.	20	15608
ZZ	14.8 pb	1.	43	2922
WZ	29.4 pb	1.	50	1699

טבלה 1. חתך הפעולה (מוכפל ב- Branching ratio), יעילות הפילטר, מספר האירועים וה- Integrated luminosity עבור ערוצי הדעיכה האלקטרוניים. ניתן לראות את תרומתם של כל התהליכים המתחרים שעבורם המצב הסופי הנמדד בגלאי הוא ee .

שימו לב שלטבלה [1] אין כותרת משלה אלא רק כיתוב בתחתית.

5. מסקנות

סדר גודל של חצי עמוד עד עמוד עם סיכום מפורט של כלל תוצאות הניסוי והמסקנות הנלוות. תוצאות חישוביות סופיות יופיעו כך,

$$m_e c^2 = 0.495 \pm 0.011(\text{stat}) \pm 0.053(\text{syst}) \text{ MeV} \quad (3)$$

כאשר השגיאה הראשונה תמיד תהיה השגיאה הסטטיסטית הכוללת והשגיאה השנייה תהיה השגיאה הסיסטמטית הכוללת. אם אין בניסוי שגיאות סיסטמטיות אז רק השגיאה הסטטיסטית תופיע. ניתן להשוות את הערך, x , שהתקבל בניסוי, לערך אחר (תאורטי או ממוצע עולמי), f , באופן המוכר,

$$N\sigma = \frac{|x-f|}{\sqrt{\delta^2 x + \delta^2 f}} \quad (4)$$

כאשר אם למשל התוצאה היא 0.3, אז יש לומר ש"הערך שנמדד בניסוי זה תואם את ערכו של הממוצע העולמי [3] עבור אנרגיית המנוחה של האלקטרון עד כדי 1σ ". זוהי תוצאה שתיחשב טובה לרוב, אך יש לשים לב לגודלה היחסי של השגיאה. כמובן ששגיאה גדולה מדי תמיד תקטין את הסטייה ולכן אין ליחס חשיבות יתר למבחן ההתאמה הזה וניתן לסכמו באופן גס כמו בדוגמא שלעיל. בכל מקרה, **אין צורך לכלול את משוואה (4) בדו"ח, אלא רק את התוצאה ורק במקרה הצורך**, היא מובאת כאן רק לצורך הדגמה. אם ביצעתם השוואה כזו, יש לסכם את משמעותה ואת הסיבות העיקריות להתאמה או לחוסר ההתאמה.

לבסוף, הסבירו מהם החסרונות, היתרונות והמגבלות של המערכת הנסיונית וסכמו את השפעתן על התוצאות שהצגתם.

6. מקורות

- [1] A. C. Melissinos and J. Napolitano, "Experiments in Modern Physics", Elsevier Science, 2nd Ed., 2003
- [2] R. J. Barlow, "Statistics - A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences", Wiley, 1999
- [3] Particle Data Group, <http://pdg.lbl.gov>
- [4] Authors, Journal, Vol. # Year Pg. 1st
- [5] Authors, "Title of the work", Conference name, Place, Year

שימו לב שמקורות 4,5 לא מופיעים בטקסט אך מובאים כאן כדוגמה לאופן בו הם צריכים להיכלל לפי הצורך.