

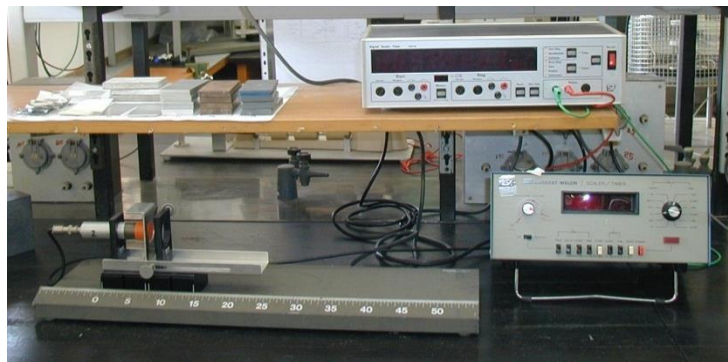
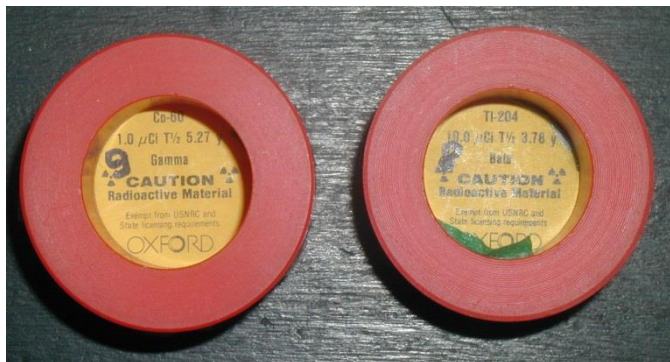
רדיואקטיביות – תדריך הניסוי

הנחיות בטיחות: את המקורות שאינם בשימוש יש לאכסן במקום המוגן

המיועד לכך (יוצג ע"י המדריך).

רשימת ציוד לכל החלקים (ראו איור):

1. מעמד למקור הקרינה ולשפופרת גייגר-מילר.
2. מקור קרינה מסוג ביתא.
3. שפופרת גייגר-מילר.
4. ספק כח ומד זמן ומניות SARGENT WELCH.
5. לוחות מרדידי אלומיניום ולוחות קרטון דקים.
6. מיקרומטר, קליבר ומאזניים.



חלק א' – מציאת מתח העבודה של שפופרת גייגר

מטרות חלק זה:

1. מדידת אופיין השפופרת – מדידת האקטיביות כפונקציה של מתח העבודה.
2. כוון מתח העבודה לשפופרת גייגר-מילר (המתח חייב להישאר קבוע עד לתום הניסוי).
3. מדידת קרינת הרקע.

הפעלה ראשונית לפני הניסוי:

1. ודאו שכל הלחצנים אינם לחוצים ושוסות המתח מסובב שמאלה עד הסוף כנגד כיוון השעון.
2. הפעילו את המכשיר, אין לכבות את המכשיר עד תום הניסוי.

3. ודאו שהמתג בצד שמאל מכוון ל- 50/60 Hz ולחצו על לחצן MODE FREQ, ודאו שתדר הרשת (50 הרץ) מופיע על גבי התצוגה.
4. לחצו על לחצן MODE VOLTS, סובבו מעט את וסת המתח ושימו לב לזמן התייצבות התצוגה של המתח.

אזהרה: בשום מקרה אין להפעיל את השפופרת במתחים שמעל 1100 וולט!

המערכת מודדת אקטיביות (מספר חלקיקים רדיואקטיביים ליח' זמן). יש לה שני מצבים

מצב זמן קבוע - כמה חלקיקים נקלטו בשפופרת בזמן שקובע המשתמש.

מצב מס' מניות קבוע – כמה זמן לקח לקלוט מס' חלקיקים שקובע המשתמש.

הפעלת המערכת למדידה במצב זמן קבוע:

1. לפני תחילת מדידה לחצו על לחצן RESET לשם מחיקת התצוגה. אם לא תלחצו על כפתור זה המניות החדשות יתוספו למניות הקודמות.
2. שחררו את כל הלחצנים וקבעו את מחוג בורר הזמנים/מניות לזמן הרצוי (למשל בחרו ב-10 שניות).
3. לחצו על לחצן MODE TIME ואח"כ על לחצן PRESET TIME (**יש להקפיד על סדר הלחיצות**).
4. להתחלת מדידה לחצו על לחצן START. המדידה תפסק אוטומטית עם תום הזמן שקבעתם – ודאו שהמדידה אכן נפסקה לאחר 10 שניות.

הערות:

1. אפשר להחליף תצוגות בין זמן למניות תוך כדי המדידה. המכשיר ימשיך לעבוד ללא כל שינוי. אולם הפעלת MODE VOLTS או MODE FREQ תגרום למחיקת המדידה.
2. במידה וצריך, אפשר להפסיק את המדידה באופן ידני בלי למחוק תוצאות. לצורך כך שחררו את כפתור ה-START.

א.1 מדידת האופיין וכונן מתח העבודה האופטימלי לשפופרת גייגר-מילר

1. רשמו את הנתונים הכתובים על מקור הביתא בו תשתמשו בניסוי:

זמן הייצור והאקטיביות בזמן הייצור, זמן מחצית החיים של מקור הקרינה.

2. הרכיבו את מקור הביתא על הכן, שימו את הכן צמוד לשפופרת. יש להציב את המקור כך שחלקו הקדמי (הפונה לעבר המונה) בולט ביחס לתפס ואילו חלקו האחורי בקו אחד עם פני התפס.
3. ודאו שכל הכפתורים משוחררים ולחצו על כפתור ה-START.
4. **עיבוד מדגמי:** פתחו גליון אקסל כדי לשרטט את גרף האקטיביות כתלות במתח תוך כדי המדידות.
5. העלו את המתח באופן הדרגתי ובאיטיות עד ל 1000 וולט. רשמו את מס' המניות ב 10 שניות לשלל מתחים עד שתגיעו למתח הסף (כשתצוגת ה *counts* ריקה, הכוונה היא שנקראו 0 קריאות) שימו לב לזמן התגובה האיטי של המתח. **אין לסובב את כפתור המתח מהר מדי מחשש לפגיעה בשפופרת!**
6. בגרף שבניתם באקסל, חפשו את האזור שבממוצע השיפוע שלו אפס, בחרו את שני הקצוות שלו וחשבו את המתח הממוצע ביניהם. זה יהיה מתח העבודה שלכם.
7. קיבעו את מתח העבודה בשפופרת. אין לשנותו עד סוף הניסוי.

2.א. מדידת קרינת הרקע

1. שימו את מקורות הקרינה בין לבני העופרת על מנת שלא יפריעו למהלך המדידה.
2. בצעו מדידה במשך 10 דקות של קרינת הרקע.
3. עליכם להתחשב, בהתאם לצורך, בקרינה זו במדידות הבאות בניסוי.

שאלות סיכום:

1. התייחסו לגרף שקבלתם והסבירו אותו מבחינת התהליכים הפיסיקליים המתרחשים בשפופרת.
2. במשך כל הניסוי הנחנו שקצב ההתפרקויות הממוצע במקור איננו משתנה. האם ההנחה מוצדקת, לדעתכם? הסבירו.
3. האם אופיין השפופרת הנמדד מתאים למצופה מן התיאוריה?
4. מדוע רצוי לבחור מתח עבודה באזור "השטוח" באופיין השפופרת?
5. מנין באה קרינת הרקע שמדדת בניסוי? הציעו דרך למדוד בנפרד את מרכיביה השונים של קרינת הרקע. כיצד הייתם משפרים את דיוק המדידה?
6. ציינו האם וכיצד התחשבתם בקרינת הרקע? האם היא השפיעה על תוצאות הניסוי?

7. העשרה: לאחר שבשפופרת התרחשה התפרקות, עובר זמן מסוים עד שהשפופרת חוזרת לפעולה תקינה; זמן זה נקרא "הזמן המת" של השפופרת משום שחלקיק שיעבור בשפופרת בזמן זה לא יגרום להתפרקות. הזמן המת מסדר גודל של מיקרו-שניות.

חלק ב' – מדידת התפלגות הקרינה של מקור β

ביצוע הניסוי:

1. כווננו את קבוע זמן המדידה ל- 1 שניה, הרכיבו את מקור הביטא (Tl) וקבעו אותו במרחק כזה שתקבלו 6-12 מניות לשנייה. מדדו מספר פעמים וחשבו את הממוצע באקסל, אם הממוצע לא בטווח נסו שנית.
2. הכינו טבלה בת עמודה אחת של 400 מדידות עבור המרחק שקבעתם.
3. אחד מבני הזוג ירשום את התוצאות ובן הזוג השני יקריא אותם וילחץ על reset. השאירו את כפתור start לחוץ לאורך כל הניסוי.

הנחיות לעיבוד תוצאות:

1. בצעו את הניתוח הבא עבור 40, 100 ו 400 המדידות הראשונות:
2. בעזרת פונקציית ה-Frequency ב-Excel (ראו נספח) תרגמו את המדידות לטבלת שכיחות של מספר המניות.
3. הוסיפו עמודות שגיאות לשתי העמודות. אם אינכם בטוחים, שאלו את המדריך מה השגיאות.
4. בצעו התאמה להתפלגות פואסון (לפי נוסחה (1) ברקע התיאורטי) ב $fitgui$. רמז: החלק השלם של משתנה x מחושב ב-MATLAB ע"י הפונקציה $round(x)$, ועצרת של מספר כלשהו n (שלם) מחושבת ע"י $factorial(n)$.
5. חשבו את ריבוע סטיית התקן עבור 40/100/400 המדידות הגולמיות וחשבו את $N\sigma$ בין תוצאת ההתאמה עבור התוחלת ועבור השונות.
6. (אם נתבקשתם) עבור 400 מדידות בדקו את משפט הגבול המרכזי.
 - a. חלקו את המדידות לקבוצות של ארבע מדידות.
 - b. לכל קבוצה חשבו את הממוצע שלה
 - c. עבור הסט החדש של ממוצעים, חשבו תוחלת ושונות.
 - d. מכאן בצעו את ההתאמה לגאוסיאן ודונו בתוצאות.

שאלות סיכום:

1. האם יש התאמה בין ההתפלגות שנמדדה בניסוי ובין ההתפלגות התיאורטית?
2. כיצד משפיע מספר המדידות על טיב ההתאמה $\chi^2_{reduced}$ ועל $N\sigma$?
3. מהם גורמי השגיאה הדומיננטיים בניסוי וכיצד ניתן להקטיןם?

חלק ג' – מדידת בליעת קרינת β בחומרים שונים

שאלות הכנה:

1. כיצד צפוי להיראות גרף בליעה בחומר של קרינת β ?
2. מהו הגודל הסגולי שמאפיין את הבליעה בחומרים שונים?

ביצוע הניסוי:

1. הרכיבו את מקור הביתא כך שיוותר מקום להכנסת לוחות בעוביים שונים בין המקור לבין השפופרת. מעתה אסור לשנות את המרחק בין המקור והשפופרת.
2. בחרו במצב *Preset time* בפרק זמן קבוע של 10s. ראשית, בצעו מדידה אחת של האקטיביות כאשר אין כל חומר בולע בין המקור לשפופרת.
3. כעת בצעו מדידות של עוצמת הקרינה עבור עוביים שונים של חומר בולע: סט מדידות אחד עבור האלומיניום וסט אחד עבור הקרטון. עבור כל עובי בצעו מספר מדידות כך שהשגיאה היחסית תרד מתחת ל 3%, או 8 מדידות לכל היותר.
4. מדדו את המשקל, העובי, הגובה והרוחב של כל לוחית לצורך חישוב הצפיפות של כל אחד מהחומרים הנ"ל.

הנחיות לעיבוד תוצאות:

1. חשבו את צפיפות החומר הנחקר מתוך המסה והממדים שמדדתם בזמן הניסוי.
2. ערכו את כל הנתונים המדודים בטבלה אחת, ובטבלה שניה רשמו את כל הנתונים המחושבים (רצוי לנרמל את קצב מספר המניות הנמדדת לאותה יחידת זמן). לא לשכוח את שגיאות המדידה של שעון העצר והשגיאה הסטטיסטית.
3. בעזרת הקשר בין העוצמה של הקרינה כתלות במרחק בחומר, חשבו את מקדם הבליעה של החומר הנחקר באמצעות גרף מתאים. (האם יש צורך במקדם חופשי בהתאמה?)
- חלקו בצפיפות וקבלו את מקדם הבליעה של המסה של החומרים השונים לבליעת קרינת בטא.

שאלות סיכום:

1. מה ניתן ללמוד מהשוואה בין מקדמי הבליעה μ של החומרים השונים?
2. מה ניתן ללמוד מהשוואה בין מקדמי הבליעה μ_m של החומרים השונים?
3. מה היו גורמי השגיאה הדומיננטיים בניסוי?

חלק ד' – מדידת התפשטות קרינת β במרחב

שאלות הכנה:

1. עבור מקור קרינה נקודתי, כיצד צפויה להתפשט הקרינה במרחב?
2. מהי התלות בין עוצמת הקרינה למרחק מהמקור שנובעת מכך?

ביצוע הניסוי:

1. הרכיבו את מקור הביתא במרחק של כ- 6 ס"מ מהשפופרת. בחרו במצב *Preset* *time* בפרק זמן קבוע של 10s ובצעו מדידה של עוצמת הקרינה עבור מרחק זה.
2. בצעו סט מדידות של עוצמת הקרינה במרחקים שונים, בכך שבכל פעם המקור ימוקם יותר רחוק. בצעו כל מדידה מספר פעמים כך שהשגיאה היחסית תרד מתחת ל 3%, או 8 מדידות לכל היותר. המשיכו להרחיק עד שהעוצמה המתקבלת מתאימה לעוצמה של קרינת הרקע.
3. **שימו לב:** את מדידות המרחק יש לתקן עקב מרווחים נוספים שקיימים במערכת. ודאו כי קיבלתם את גודלם מהמדריך.

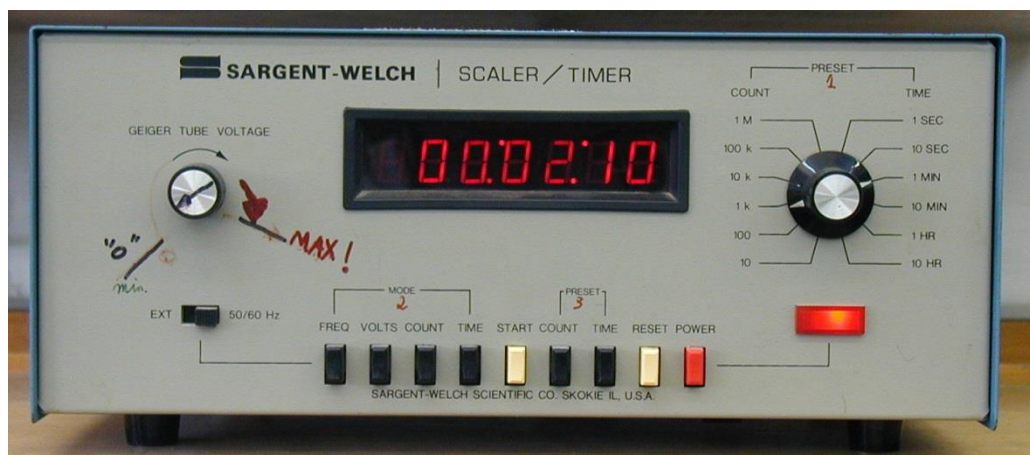
הנחיות לעיבוד תוצאות:

1. בצעו התאמה של התלות בין עוצמת הקרינה למרחק לחוק חזקה. מה צפוי להיות מעריך החזקה? השוו בין ערך זה לתוצאה שקיבלתם.

חלק ה' – נספחים

1. מערכת המדידה – SARGENT WELCH:

בניסוי נחבר שפופרת גייגר-מילר אל מכשיר מדידה (הנקרא "מונה") אשר סופר את מספר הפולסים ("מניות") שהתקבלו בשפופרת ואוגר אותם בזיכרון פנימי. באיור נראית קידמת המכשיר.



למונה העומד לרשותכם אופני עבודה שונים. בחירת האופן (MODE) נעשית ע"י לחיצה על לחצן אחד מתוך ה-4 האפשריים:

MODE FREQ - כאשר כפתור זה נמצא במצב לחוץ, מופעל המונה כמד תדר. התדר יימדד כתלות במצב המתג השמאלי:

- מצב 50/60 Hz - יסתמך את תדר רשת החשמל.
- במצב EXT - יסתמך תדר חיצוני שיחובר לפנל האחורי של המכשיר.

הערות:

א. לחיצה עדינה על כל אחד משלושת האופנים האחרים תשחרר לחצן זה.

ב. אם המונה נמצא ב-MODE COUNT או MODE TIME (ראה הסבר אודות אופנים אלו בהמשך) ורק אז לוחצים על כפתור ה-MODE FREQ, הזמן או המניות שנמדדו עד לזמן הלחיצה מתאפסים אוטומטית.

MODE VOLTS - כאשר כפתור זה נמצא במצב לחוץ, מציג המונה את המתח המסופק לשפופרת גייגר-מילר.

MODE COUNT - כאשר כפתור זה נמצא במצב לחוץ מציג המונה את סך כל המניות שנספרו על ידו.

המונה אוגר את מספר המניות משפופרת הגייגר-מילר בזיכרון פנימי ללא קשר לכך שבחרנו ב-MODE COUNT או ב-MODE TIME. מספר המניות ניתן לתצוגה בכל רגע ע"י לחיצה על MODE COUNT.

MODE TIME - כאשר כפתור זה נמצא במצב לחוץ, מציג המונה את הזמן שעבר מאז תחילת המדידה, כלומר מאז שנלחץ לחצן ה-START. אם בוחרים ב-MODE TIME לפני לחיצה על START התצוגה תהיה תצוגת "אפסים" (00:00:00).

אופן השימוש במונה:

בטרם תתחילו את פעולת המונה עליכם להגדיר לו מתי להפסיק את מניית האותות. "תנאי סיום העבודה" יכול להינתן בשני אופנים:

א. הגדרת פרק זמן שבסיומו המכשיר מפסיק לעבוד ומציג את מספר המניות שנמנו בפרק זמן זה. כדי לבחור בו לחצו על Preset Time. ניתן לברור בפרקי זמן הנעים בין שניה אחת לעשר שעות.

ב. הגדרת מספר מניות מוקצב מראש שבסיומו מפסיק המונה את פעולתו. כדי לבחור בו לחצו על Preset Count. ניתן לברור במספר מניות הנע בין עשר מניות למיליון מניות. הגדרת פרק זמן או מספר מניות נעשית באמצעות סיבוב הבורר שלמעלה מצד ימין.

התחלת המדידה: נעשית ע"י לחיצה על הלחצן START. לחיצה נוספת תעצור את המדידה ידנית מבלי למחוק את התצוגה.

PRESET COUNT – כאשר לחצן זה לחוץ, הבורר יופעל באופן (MODE) של PRESET COUNT – כלומר מצב בו הוא קובע מספר מניות מסוים בו רוצים שהמדידה תיגמר.

PRESET TIME - כאשר לחצן זה לחוץ, הבורר יופעל באופן (MODE) של PRESET TIME – כלומר מצב בו הוא קובע את משך זמן המדידה.

RESET – כאשר לוחצים על לחצן זה מתאפסת התצוגה. כאשר מתאפס זמן המדידה תופיע תצוגת אפסים (00:00:00); כאשר מתאפס מספר המניות התצוגה תהיה ריקה מכל סימן. אין לו כל השפעה על MODE FREQ או MODE VOLTS.

2. פונקציית Frequency ב-Excel

1. לאחר שקיבלתם עמודה של מדידות בגיליון ה- Excel (נגיד A2:A301) השאירו שורה אחת רווח מכותרת העמודה וצרו עמודה נוספת (נגיד B3:B23) של מספרים עוקבים מן התוצאה המינימלית ועד המקסימלית.
2. צרו עמודה של השכיחות המצטברת ע"י הנוסחה הבאה (גררו אותה למטה בסיום):

$$C3 = \text{frequency}(A\$2:A\$301, B3)$$

3. השכיחות מוגדרת כהפרש בין שני תאים סמוכים של שכיחות מצטברת. צרו עמודת שכיחות ע"י הנוסחה הבאה (גררו למטה בסיום)

$$D3 = C3 - C2$$

(התא C2 אמור להיות ריק)

3. מקדם הבליעה של המסה של עופרת כפונקציה של האנרגיה עבור קרינת גאמה: