

כותרת

שם: נתיב מאור | ת"ז: 319002911 | דוא"ל: nativ.maor@campus.technion.ac.il

שם: דור חי שחם | ת"ז: 318258555 | דוא"ל: dor-hay.sha@campus.technion.ac.il

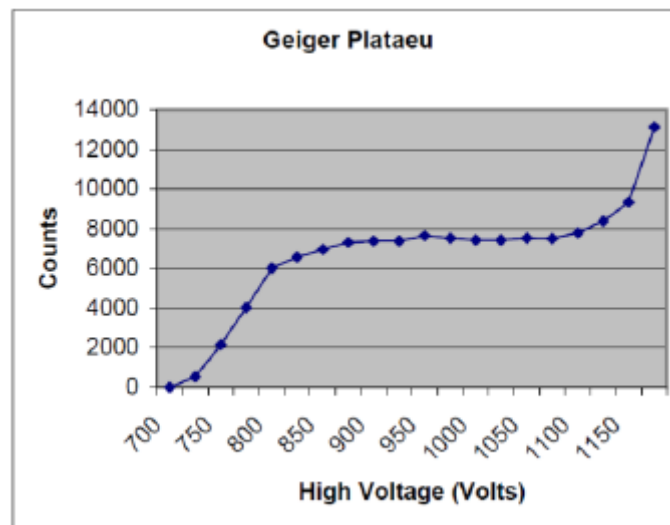
May 20, 2023

תקציר

בניסוי זה צפינו במספר תופעות שונות של התפרקות גרעינית בעזרת מונה גייגר-מולר. הניסוי הורכב מחמישה חלקים - בחלק הראשון, כחלק מקדים לניסויים הבאים חיפשנו את 'המתח היציב', מתח שבהפעלתו על מונה הגייגר הוא מתפקד בצורה אופטימלית. יצרנו גרף של מספר המדידות כתלות במתח ובחרנו במתח שעונה על מספר קריטריונים. קבענו את מתח זה להיות מתח ההפעלה בשאר חלקי הניסוי. בחלק השני של הניסוי נמדד 'קצב הרקע', ספירת המונה כשלא הוצב מקור רדיואקטיבי ליד המונה. בקצב זה השתמשנו בשאר הניסויים על ידי כך שהפחתנו אותו מהמדידות של הקצבים שהתקבלו כשכן הצבנו מקור קורן ליד המונה. נוסף על כך מדדנו את שלושת המומנטים הסטטיסטיים הראשונים של קצב הקרינה עבור מקור חלש והסקנו מכך האם האופו של ההתפלגות הוא גאوسي או פאוסוני - מצאנו שההתפלגות היא בעלת אופי פאוסוני. בחלק השלישי, בדקנו את הקשר בין מרחק המקור הקורן מהמונה על ידי לקיחת מספר מדידות כשהמקור הוצב במרחקים שונים. מצאנו שהקשר בין חוזק הקרינה והמרחק הוא ריבועי הפוך $C \propto \frac{1}{d^2}$, כשנדרש פקטור תיקון a למרחוק שנמדד בפועל x ל d ($d = x + a$). הסקנו את a מהמדידות והשתמשנו בו בשאר חלקי הניסוי. בחלק זה ראינו התאמה טובה לקשר ריבועי הפוך a שהתקבל הוא a סביר. בחלק הרביעי, מדדנו את הטווח שבו חלקיקי אלפא נבלעים באוויר. על ידי קירוב הדוגמית הקורנת אל הגלאי חיפשנו את המרחק מהגלאי שעבור מרחק גדול ממנו הקצב במונה דועך דרסטית אל ערך הקרוב לזה של קרינת הרקע. דרך מרחק זה הערכנו את אנרגיית חלקיקי האלפא וקיבלנו שהערך שהתקבל לא תואם לערך המקובל בספרות, נרחיב על פער זה בהמשך הדוח. בחלק החמישי הצבנו מקור קורן של חלקיקי בטא מול הגלאי והצבנו מול הגלאי חוסמי קרינה עשויים אלומיניום בעובי משתנה. דרך הקשר בין עובי החוסמים לקצב הספירות הסקנו את מקדם הדעיכה μ ואת טווח האנרגיה של חלקיקי הבטא. השוונו את התוצאות לערכים המקובלים בספרות וקיבלנו '??'.

מבוא

כלי המדידה המרכזי בכל חלקי הניסוי הוא מונה גייגר-מולר. המונה מאפשר זיהוי של קרינה מייננת. שפופרת המונה מכילה גז ושתי אלקטרודות שביניהן הפרש פוטנציאלים. כאשר הגז מיונן, נוצרים יונים חיוביים ואלקטרונים חופשיים. הם מואצים אל האלקטרודות בעקבות השדה החשמלי כשאלקטרונים חופשיים עולים ליינן אטומי גז נופים וכך ליצור מפולת אלקטרונים - בעקבות אפקט זה נוצר פולס והפרש מתחים הניתן למדידה על ידי המונה ומתורגם לספירה של אירועי ינון. מתח עבודה על שפופרת המונה שייתן תוצאות אופטימליות נמצא ב'תחום היציב' וצריך לקיים שלושה קריטריונים: ראשית, להיות בטווח המתחים בהם הוא מספיק בשביל לאפשר פריקה מלאה לאורך האנודה בכל ספירה ('מעל הברך'). שנית, שינוי קל במתח לא ישנה או ישנה רק מעט את קצב הספירה. ושלישית שיהיה מתחת למתח הפריצה.



איור 1: גרף המציג את התחומים האופייניים עבור מתחים שונים כשבמרכז סביב $1000[Volts]$ נמצא התחום היציב

לאחר שמצאנו מתח העונה על דרישות אלה עבדנו איתו במהלך שאר חלקי הניסוי.

אופי התפלגות התפרקות של חומרים רדיואקטיבים מתואר לרוב על ידי תהליך רנדומי פאוסוני שלו ההתפלגות:

$$(0.1) \quad \mathbb{P}(n) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \quad AVG = Var = STD^2 = K_3 = \lambda, \quad K_3 = \lambda$$

כש n מספר האירועים בטווח זמן קבוע כלשהו $\tau[sec]$. λ הוא פרמטר חסר יחידות המגדיר את ההתפלגות ובמקרה הזה שווה לשלושת המומנטים הראשונים של ההתפלגות $K_1 = AVG = \langle n \rangle$, $K_2 = Var = STD^2$, $K_3 = K_3$ כש K_i הוא המומנט ה- i .

ההערכה אמפירית של מומנטי התפלגות על פי m מדידות היא לפי

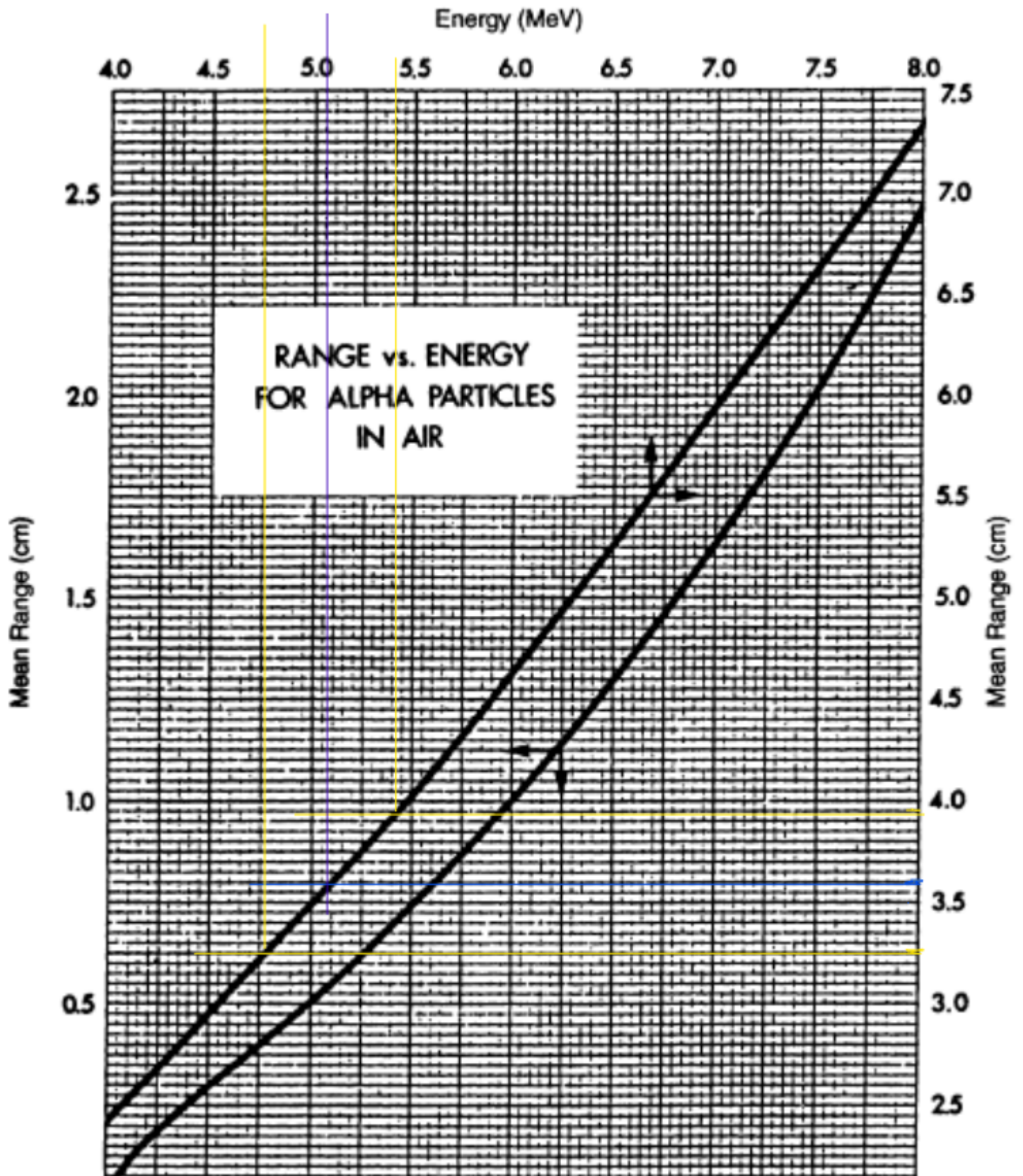
$$(0.2) \quad K_1 = \bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m}, \quad K_2 = \frac{\sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n})^2}{m - 1}, \quad K_3 = \frac{\sum_{i=1}^m (n_i - \bar{n})^3}{m - 1}$$

עוצמת התפרקות רדיואקטיבית היא תלויה במרחק לפי Law Square Inverse -

$$(0.3) \quad I \propto R - R_b \propto \frac{1}{d^2} = \frac{1}{(x + a)^2} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{R - R_b}} \propto x + a$$

כש $I[\frac{W}{m^2}]$ עוצמת הקרינה, R הקצב של ההתפרקויות ו R_b קצב התפרקויות הרקע, $d[m]$ המרחק מהמקור ששווה ל $x + a$ כש x הוא מרחק שנמדד ו a קבוע הזזה.

בחלק השלישי של הניסוי, בו מדדנו את המרחק שבו חלקיקי אלפא נבלעים באוויר, הקשר בין הטווח הממוצע לאנרגיה הווה ל המדידה קודמת מהספרות המוצגת באיור הבא:

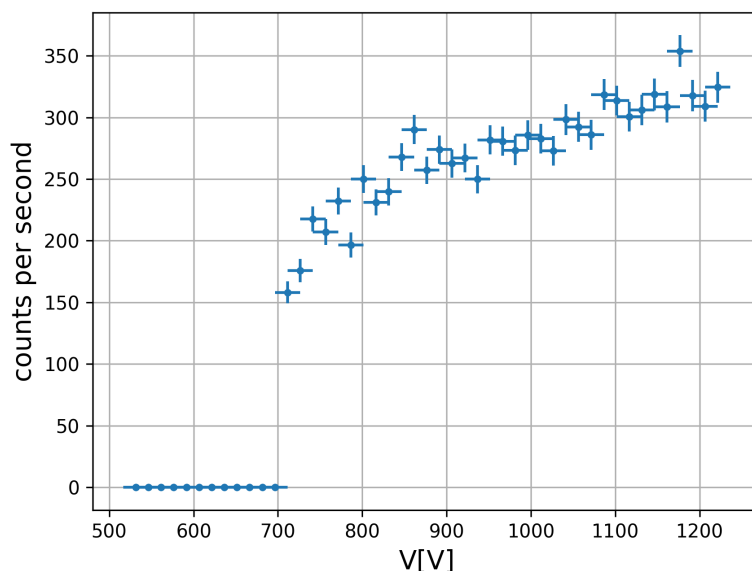


איור 1:גרף המציג את הקשר בין הטווח הממוצע של הבליעה באוויר לאנרגיה של חלקיקי אלפא. איור 4 מתדריך הניסוי⁶

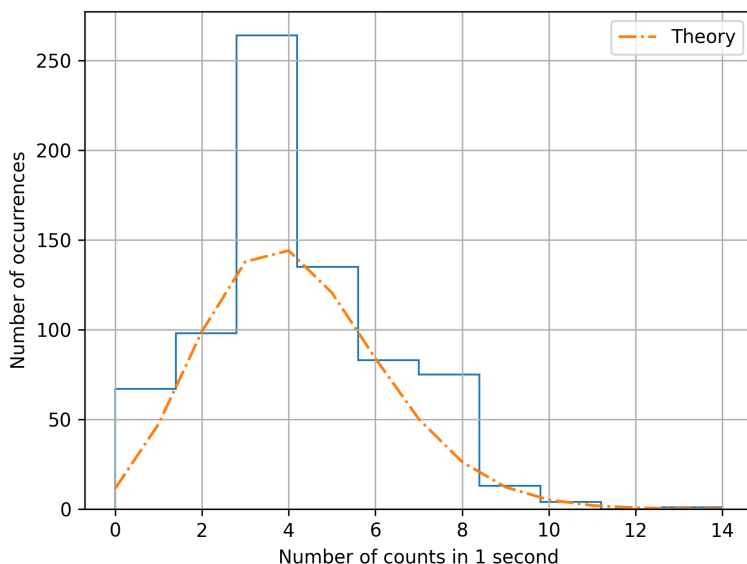
תוצאות הניסוי

חלק ראשון - Plateau

הדלקנו את מערכת ה- $ST - 360$ ואת תוכנת המחשב STX , הנחנו את דגימת ה- $SR - 90$ במדף העליון במ"ג (מונה גייגר). ביצענו מדידה של כמות המיתוגים במונה כפונקציה של מתח העבודה בין המתחים $V [500, 1200]$ כאשר המדידות התבצעו בקפיצות של $15V$ למשך 2 שניות למדידה. התקבל הגרף הבא:



כעת לקחנו מקור רדיואקטיבי - $Co - 60$ וביצענו כ-740 מדידות של שנייה אחת. התקבלה ההתפלגות הבאה:



__ להשאיר כתום פואסוני? __

גרף 2: התפלגות תצפיות המדידות.

מתוך מדידות אלו חישבו את הקצב הממוצע ואת סטיית התקן שלו

$$\bar{n} = 4.181 \pm 0.075cps, \quad STD(n) = 2.045$$

כאשר 0.075 היא סטיית התקן של \bar{n} ו-2.045 היא סטיית התקן של הקצב.

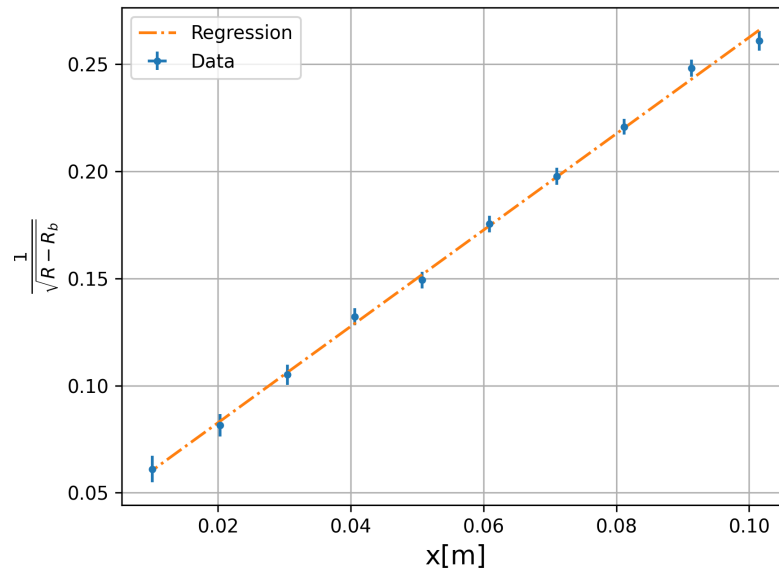
בנוסף חושב המקדם K_3 וסטיית התקן שלו והתקבל

$$K_3 = 3.7 \pm 1.7$$

קיבלנו שהתחום של \bar{n} מוכל בתחום של K_3 לכן באופן מובהק סטטיסטי ניתן להגיד ש $\bar{n} = K_3$ ולכן על פי התאוריה קרינת הרקע מתפלגת פאוסונית.

חלק שלישי - Inverse Square Law

מדדנו את המרחקים בין המדפים השונים במ"ג, לאחר מכן, הכנסו דגימה של $Sr - 90$ למדף התחתון וביצענו מדידות במדפים השונים. בשביל לבדוק את Inverse Square Law חיסרנו מהמדידות את קרינת הרקע שמדדנו בחלק השני וביצענו התאמה לינארית לפי נוסחה (?). התקבלו התוצאות הבאות:



גרף 3: $\frac{1}{\sqrt{R-R_b}}$ ביחידות של $m^{-\frac{1}{2}}$ כפונציה של x - מרחק הדגימה מהמ"ג במטרים. הדגימות מוצגות בכחול והגרסיה בכתום.

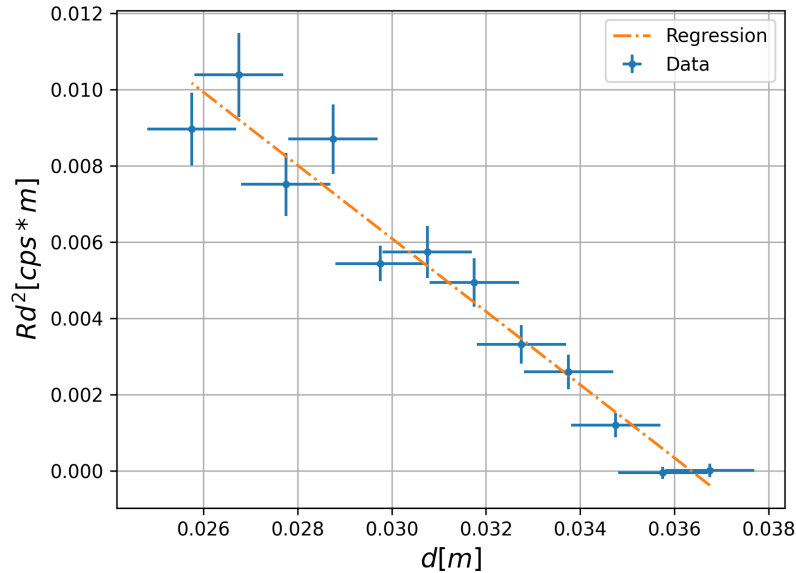
ניתן לראות שיש התאמה טובה לעקום לינארי הן מבחינה איכותית - העקום עובר דרך כל המדידות בטווח השגיאה והן מבחינה איכותית - התקבלה התאמה של $R^2 = 0.998$.
התאמה זו היא עדות חזקה לקיום התופעת Inverse Square Law.
משוואת העקום שהתקבל היא:

$$y = (2.248 \pm 0.032) x + (0.038 \pm 0.002)$$

מתוך נוסחה (?) והמשוואה שהתקבלה ניתן לחלץ את הפקטור הגיאומטרי a ולקבל

$$a = 0.0168 \pm 0.0009m$$

בחלק זה לקחנו מקור $Po-210$ והנחנו אותו במדף השני הכי קרוב למ"ג, במדף זה מדדנו ומצאנו כי הקצב מתאים לקרינת הרקע. לאחר מכן ביצענו מדידות של הקצב בגבהים שונים בעזרת הנחת דיסקיות מתחת דקות שונות מתחת למקור. לאחר הפחתת קרינת הרקע מהקצב הנמדד התקבל הגרף הבא:



גרף 4: קצב המיתוגים המנורמל Rd^2 ביחידות של $\text{cps} \cdot \text{m}$ כפונציה של d - מרחק הדגימה מהמ"ג במטרים. הדגימות מוצגות בכחול והרגרסיה בכתום.

המרחק d חושב בעזרת על ידי המרחק הנמדד מהמ"ג בתוספת הפקטור הגאומטרי a שחושב סעיף קודם והקצב R תוקן בעזרת פקטור של d^2 .

ניתן לראות שההתאמה לגרף הלינארי אינה טובה במיוחד אך רוב המדידות נמצאות בטווח השגיאה, התקבל מקדם התאמה של $R^2 = 0.948$.

מהרגרסיה התקבלה משוואת העקום:

$$y = (-0.96 \pm 0.07)x + (0.0349 \pm 0.0022)$$

מתוך משוואה זו חולץ המקדם החופשי

$$b = 0.0349 \pm 0.0022 \text{ m}$$

אשר מהווה אקסטרפולציה לטווח בו קצב פליטת החלקיקים מתאפס, בעזרת גודל זה ואיור (?) הוערכה האנרגיה של חלקיקי α להיות

$$E_\alpha = 5.06 \pm 0.3 \text{ MeV}$$

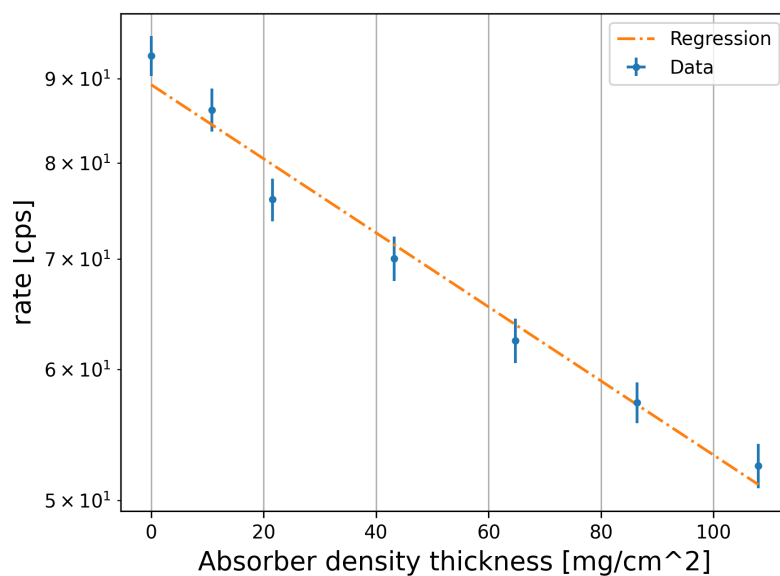
טווח זה מכיל את הנתון הרשום בדף המקורות $E_\alpha = 5.3 \text{ MeV}$.

חלק חמישי - Absorption of Beta Particles and Beta Decay Energy

__ להוסיף השוואה לתאוריה __

הנחנו מקור של $Sr - 90$ בתוך המ"ג במדף השלישי מלמעלה. ביצענו מדידות כך שבכל מדידה שמנו חסם אלומיניום בעובי שונה ומדדנו את כמות המיתוגים שהתקבלה.

התקבלו התוצאות הבאות:



גרף 5: קצב המיתוגים (לאחר הפחתת קרינת הרקע) ביחידות של cps כפונקציה של צפיפות העובי ביחידות של $\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$. המדידות מסומנות בכחול והגרסיה בכתום. מוצג בסקלה לוגריתמית בציר y .

מקדם ההתאמה לגרסיה $R^2 = 0.9775$ ומשוואת הרגרסיה שהתקבלה:

$$y = (-0.00516 \pm 0.00035) x + (4.492 \pm 0.021)$$

מתוך נוסחה (?) ומשוואת הרגרסיה נקבל את מקדם הבליעה

$$\mu = (5.16 \pm 0.35) \cdot 10^{-3} \frac{\text{cm}^2}{\text{mg}}$$

מתוך ערך זה חישבנו על פי נוסחאות (?) את האנרגיה המקסימלית וקיבלנו:

$$E = 2.24 \pm 0.14 MeV$$

אשר מכיל את התחום התיאורטי.

דיון בתוצאות

מסקנות

מקורות מידע

(1) תדריך __.

נספח

- הנוסחה בה השתמשנו לחישוב השגיאות הנגררות בניסוי:

$$\delta F = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x} \delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y} \delta y\right)^2 + \dots}$$

כאשר $\delta x, \delta y, \dots$ הן השגיאות של x, y, \dots ו- δF היא השגיאה הנגררת של F , שהיא פונקציה של המשתנים x, y, \dots .

- הנוסחה בה השתמשנו לחישוב השגיאה היחסית בין הערכים המדודים לתיאורטיים בניסוי:

$$\xi_{rel \ err} = \frac{\delta v}{v} \cdot 100\%$$