

## האוניברסיטה העברית בירושלים

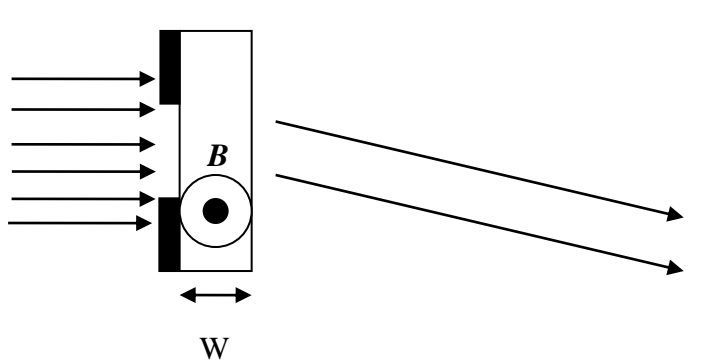
מבחן מועד א' תשע"ג (2013) - תורת הקוונטים בפיסיקה יישומית 83880  
הבחינה עם חומר פתוח, משך הבחינה 2.5 שעות

מרצה יוסי פלטיאל  
מתרגל אייל כהן

### שאלה 1

(30 נקודות)

בניסוי אהרונוב-בוהם אלקטרונים פוגעת בסדק שרוחבו  $d$ :  
 מיד לאחר הסדק קיים אזור ברוחב  $W$  בו קיים שדה מגנטי קבוע  $B$  הניצב למישור הדף (ראה ציור).  
 תנע האלקטרונים הוא  $p$ .



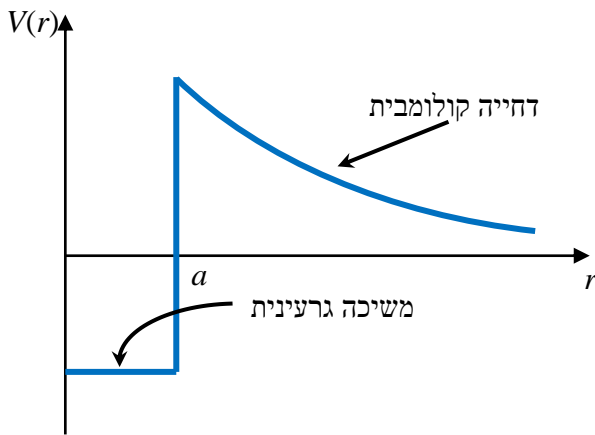
- הניחו כי תמונת העקיפה נמדדת רחוק מאוד מהסדקים כך שבקירוב טוב העקיפה נוצרת בין אלומות מקבילות (התאבכות באין סוף) כמו כן הניחו קירוב זוויות קטנות.
- א. עבור  $B = 0$  מצאו את רוחב מאקסימום העוצמה על המסך. (10 נקודות)
- ב. עבור  $B \neq 0$  מהו השינוי ברוחב כתלות בשדה המגנטי. (10 נקודות)
- ג. חשבו את רוחב המקסימום אם נוסף שדה חשמלי באותו כיוון של השדה המגנטי באמצעות אינטגרל המסלול של פיינמן. (10 נקודות)

## שאלה 2

(30 נקודות)

חשבו – באמצעות הנוסחאות המתקבלות מקירוב WKB – את זמן מחצית החיים של גרעין אורניום:  
 ${}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow {}_{90}\text{Th}^{234} + \alpha$

הערות והנחות:



קבעו את האנרגיה של חלקיק האלפא הנפלט לפי הנוסחה של איינשטיין ( $E = mc^2$ ), עבור הערכים הבאים של מסות הגרעינים:

$$\begin{aligned} m_{\text{U}^{238}} &= 238.050784u \\ m_{\text{Th}^{234}} &= 234.043593u \\ m_{\text{He}^4} &= 4.002602u \\ 1u &= 931\text{MeV} / c^2 \end{aligned}$$

כדי למצוא את מהירות חלקיק האלפא

- הניחו כי כל האנרגיה שלו היא אנרגיה קינטית, והזניחו את תוספת האנרגיה הפוטנציאלית.  
 - רדיוס המשיכה הגרעינית בין הגרעין הנותר ובין חלקיק האלפא נתון על ידי:

$$a = \left( 1.3 + 1.35A^{\frac{1}{3}} \right) \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

כאשר  $A$  הוא המספר האטומי של הגרעין הנותר.  
 - ניתן להשתמש בקירוב הבא עבור האינטגרל:

$$\int_a^b \sqrt{\frac{b}{x} - 1} dx \approx \frac{\pi}{2} b - 2\sqrt{ab} \text{ for } a \ll b$$

## שאלה 3

(40 נקודות)

נתונה מערכת שלוש רמות, המתוארת על ידי המצבים  $|a\rangle, |b\rangle, |c\rangle$  מצב כללי של המערכת ניתן לרשום כצירוף ליניארי של מצבים אלו  $|\Psi\rangle = C_a|a\rangle + C_b|b\rangle + C_c|c\rangle$ .

מקדמי הרשום מוצגים באמצעות וקטור עמודה  $\begin{pmatrix} C_a \\ C_b \\ C_c \end{pmatrix}$  וההמילטוניאן בבסיס  $|a\rangle, |b\rangle, |c\rangle$  הוא:

$$H = \begin{pmatrix} \omega & g_1 & 0 \\ g_1 & 10\omega & g_2 \\ 0 & g_2 & 11\omega \end{pmatrix}$$

ידוע גם התנאי הבא:  $g_1 \ll g_2$

א. האם המצבים  $|a\rangle, |b\rangle, |c\rangle$  הם מצבים סטציונרים של המערכת? האם ניתן לתכנן את מערכת

המדודה כך שנגרום לכך שאחד המצבים יהיה סטציונרי? נמקו

ב. מצא את הערכים העצמיים של ההמילטוניאן  $H$ . הסבירו בקצרה – מהי המשמעות הפיסיקלית שלהם?

ג. במצב שבו אין ניוון ותנאי ההתחלה ב  $t=0$   $|\psi(0)\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ , מצאו את ההתפתחות בזמן של המצב

$|\Psi(t)\rangle$  עבור זמן חיובי  $t$ .

ד. מצאו את ההסתברות להמצאות המערכת בכל אחד מהמצבים בזמן  $t$ . אילו פרמטרים בהמילטוניאן ניתן למדוד מהשתנות המצב כתלות בזמן?

בהצלחה

יוסי ואייל