

## לב ויידמן ושמואל נוסינוב

ניתן לענות על כל השאלות  
 מספיק לענות על 7 שאלות  
 עבור טעויות פיסיקליות חמורות הניקוד הוא שלילי.  
 ניתן להביא עשר דפי נוסחאות.  
 משך הבחינה 3.5 שעות.

## בהצלחה!

1. נתונים שני חלקיקים בעלי ספין  $\frac{1}{2}$  במצב קוונטי מרחבי זהה. הראה מעקרון פאולי שמצב הספינורי של החלקיקים הוא, עד כדי פאזה,

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\rangle|\downarrow\rangle - |\downarrow\rangle|\uparrow\rangle) \quad (1)$$

2. נניח שנתונים שני בוזונים בעלי ספין  $\frac{1}{2}$  ומסה  $m$  במצב ספינורי (1) מהי אנרגיית מצב היסוד בתנאים אלה בתוך קובייה עם צלע  $a$ ?

3. נתונים שלושה פרמיונים בעלי ספין 1 ומסה  $m$ . מהי אנרגיית מצב היסוד בתוך קובייה עם צלע  $a$ ? מהי פונקציית הגל הספינורית במצב היסוד?

(החלקיקים בסעיפים 2 ו 3 הם דמיוניים ו לא יכולים להתקיים בטבע.)

4. דירק המילטוניאן הוא  $H_D = \rho_1(\sigma \cdot p)c + \rho_3 mc^2$  מצאו את הספינור של דירק המתאר חלקיק חופשי בהצגה ספינורית:

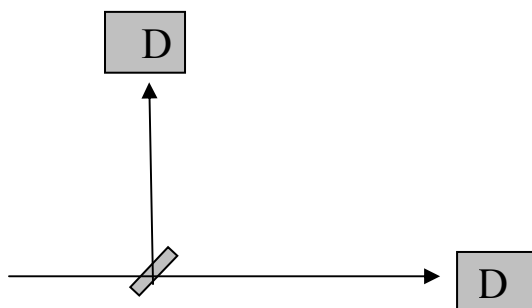
$$\rho_1 I \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ -c \\ -d \end{pmatrix}, \quad \rho_3 I \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c \\ d \\ a \\ b \end{pmatrix}$$

נתון שחלקיק נע בכיוון  $\hat{z}$ , בעל מסה  $m$ , אנרגיה  $E$ , וספין בכיוון  $\hat{z}$ .

5. מצאו את הספינור של החלקיק בסעיף 4 במערכת המנוחה של החלקיק.

6. מצאו את זרם חלקיק הדירק של סעיף 4 ושל סעיף 5.

7. נתון מצב קוהרנטי  $\alpha = i\pi$ . מדדו את מספר הפוטונים. מהו המספר בעל ההסתברות הגבוה ביותר? (נא לדייק!)  
 האור עבר דרך מראה חצי מעבירה אבל מדידה של מספר הפוטונים המוחזרים הראתה שלא היו כאלה. מדדו את מספר הפוטונים שעברו. האם המספר בעל ההסתברות הגבוה ביותר השתנה?



8. עכשיו מכניסים squeezed אור למראה:  $\Delta x = 0$ ,  $x = a$ , מהו ערך התצפית של  $x$  ומהו  $\Delta x$  של האור העובר?  
 האם מדידה של האור המוחזר וידיעת התוצאה יכולים לשנות את ערך התצפית של  $x$ ?

9. אינטראקציה אפקטיבית בין האלקטרונים בחומר מסוים גורמת ליצירת זוגות אלקטרונים קשורים בעלי אנרגיה הקשר  $\varepsilon$  שמשתנה בנוכחות אלקטרונים נוספים כך שאנרגיה  $m$  זוגות בעלי תנע אפס בנוכחות  $\nu$  אלקטרונים היא:  $V = -m\varepsilon(1 - \frac{m-1+\nu}{\Omega})$  כאשר  $\Omega$  מספר מצבי  $k$  המעורבים בבניה של המצב הקשור. מצאו בעזרת שקולים איכותיים את האנרגיה  $V$  כאשר שלישי הזוגות מקבלים תנע קטן מאוד  $p$  ושלישי הזוגות מקבלים תנע  $p$ .