

מצב מוצק - תרגיל מס' 7

1. פראמגנטיות של פאולי

עבור גז אלקטרוניים חופשיים, הניחו כי רק הספינים של האלקטרונים מבצעים אינטראקציה עם שדה חשמלי \mathbf{B} חשבו את הפראמגנטיות של הגז בהנחתן צפיפות האלקטרונים n ורמת פרמי (הניחו גורם גירומגנטי של 2).

הדרכה:

נסמן ב $g(\epsilon)$ את צפיפות המצבים וב $g(\epsilon)$ את צפיפות הספין up and down. בשדה $B=0$

$$g_+(\epsilon) = g_-(\epsilon) = 1/2 g(\epsilon)$$

i. כיצד משתנה צפיפות המצבים בנוכחות שדה מגנטי?

צפיפות האלקטרונים (ליחי נפח) בעלי ספין שונה ניתן לחישוב באופן

$$n_{\pm} = \int d\epsilon g_{\pm}(\epsilon) f(\epsilon)$$

כאשר f היא התפלגות פרמי והפוטנציאל הכימי ניתן מהתנאי

$$n = n_+ + n_-$$

ii. עבור שדות קטמים מצאו ביטוי עבור n .

הניחו כי הפוטנציאל הכימי ברמת פרמי (למה זה מותר?), והשתמשו בביטוי עבור צפיפות המגנטיזציה $M = -\mu_B(n_+ - n_-)$.

iii. חשבו את הסספטבליות המגנטית של פאולי.

2. השפעה של שטף מקומי בתוך שדה מגנטי (אפקט אהרונוב בוהם)

השתמשו בפתרון לאלקטרון בשדה מגנטי לפי ה-symmetric gauge

(ניתן למצוא ב Quantum Mechanics 2nd edition, Landau and Lifshitz p.426)

$$\mathbf{A} = (-B/2y, B/2x) = A_{\rho, \phi} = (0, 1/2B\rho)$$

א. חשבו בכיול זה את צפיפות הזרם של חלקיק טעון והראו (הניחו בעיה ב 2D)

$$J_{\rho} = 0, J_{\phi} = \left(\frac{ehm}{\mu\rho} - \frac{e^2 B}{2\mu c} \rho \right)$$

כי:

ב. הניחו כי בראשית ($\rho=0$) יש פונקציה δ של שדה מגנטי עם שטף Φ , ז.א. שעכשיו

$A_{\phi} = 1/2B\rho + \Phi/2\pi\rho$, ומצאו כיצד נראית רמות האנרגיה של המערכת. מה קורה כאשר

$$\Phi = n\Phi_0 \quad (\Phi_0 = hc/e) \quad \text{קוונט של שטף מגנטי, } n\text{-שלם}$$

3. שדה מגנטי וחשמלי

- אלקטרון נע בשני ממדים $x-y$. יש שדה מגנטי קבוע B בכיוון z , ושדה חשמלי E בכיוון x .
- א. מה התנועה הקלאסית של האלקטרון (כתלות בתנע ההתחלתי שלו)?
- ב. מה הכיול הנח ביותר לפתרון הבעיה (שימו לב איך נכנס השדה החשמלי להמליטוניאן וזכרו כי שיטת הפתרון היא בהפרדת משתנים)?
- ג. מצאו את ה $eigen-energies$ וה $eigen-functions$. מה המשמעות של האיברים השונים באנרגיה?
- ד. מהי צפיפות הזרם של ה $eigen-functions$, האם הם נושאים זרם?