

## תרגיל 9 מצב מוצק

1. נוזל פרמי

בכיתה ראייתם כי עבור נוזל פרמי בשלושה מימדים זמן החיים של קואזי-חלקיק יורד עם המרחק

$$\text{שלו מאנרגית פרמי } \left( \frac{1}{\tau} \propto \xi^2 \right) \text{ ורוחב האנרגיה קטן ביחס לאנרגיה שלו } \left( \frac{\hbar}{\tau} < E_f + \xi \right).$$

מצאו את זמן החיים במימד אחד ובשניים (ב 2 מימדים שימו לב כי יש להתחשב גם בשימור

תנע- זו שאלה קצת יותר קשה). הראו כי ככל שיוורדים במימד  $\tau$  גדל ובמימד אחד רוחב

האנרגיה מסדר גודל של אנרגיית פרמי (ולכן אומרים כי אין נוזל פרמי במימד אחד).

2. מהירות ממוצעת של חלקיק בפוטנציאל מחזורי (פונקצית בלוך)

הראו כי עבור חלקיק בפוטנציאל מחזורי (בעל וקטור גל  $k$ ), כך שפונקצית הגל שלו היא פונקצית

$$\text{בלוך מתקיים } \langle \vec{V} \rangle = \frac{1}{\hbar} \frac{\partial E}{\partial k} \text{ כאשר } V \text{ הוא אופרטור המהירות } \left( \frac{\hbar k}{m} \right) \text{ ו } E \text{ האנרגיה.}$$

הדרכה:

רשמו את פונקצית הגל כפונקצית בלוך.

כתבו את משוואת שרדינגר (עם פוטנציאל מחזורי).

הניחו כי הפתרון  $E$  ידוע וכעת הכניסו הפרעה  $\Delta k$  לווקטור הגל  $K$ . רשמו בתורת הפרעות מסדר

$$\text{ראשון מהו כתוצאה } \Delta E \text{ מכך. שימו לב כי גודל זה הינו } \Delta E \langle \psi_k(r) | \vec{V} | \psi_k(r) \rangle \hbar = \Delta E$$

קחו את  $\Delta k$  לגודל אינפיניטסימלי וקבלו את התוצאה המבוקשת.

3. מילוי פסים:

א. נתון סריג ריבועי דו-ממדי פשוט. מצאו, תחת מודל האלקטרונים החופשיים, מהו יחס

האנרגיות של אלקטרון בעל וקטור גל המתאים לפינת אזור ברילואן הראשון ושל אלקטרון

בעל וקטור גל המתאים לאמצע צלע אזור ברילואן הראשון.

ב. מהו היחס האנלוגי במקרה התלת ממדי (סריג קובי)?

ג. (אם תספיקו לדבר על מוליך-מבודד בכיתה) כיצד יכולה תוצאת סעיף ב. להשפיע על גביש

בעל שני אלקטרוני ערכיות פר תא יחידה, תחת מודל האלקטרון הכמעט חופשי (לא דרוש

חישוב אלא הסבר מילולי).