

בחינה במצב מוצק 1

מס' הקורס: 203.1.3111

המרצה: פרופ' משה שכטר

משך הבחינה: 4 שעות

יש לפתור 2 מתוך 3 השאלות הבאות. כל השאלות שוות בערכן.
מותר להשתמש רק בדף הנוסחאות המצורף ובמחשבון פשוט.

שאלה 1

מבצעים פיזור מאבקה של סיליקון בעזרת קרינת X עם אורך גל $\lambda = 0.154 \text{ nm}$. המבנה הסריגי של סיליקון הוא קובי עם קבוע סריג $a = 0.357 \text{ nm}$ וכל תא יחידה מכיל 8 אטומי סיליקון הממוקמים ב:

$$(0, 0, 0), a(1/2, 1/2, 0), a(1/2, 0, 1/2), a(0, 1/2, 1/2),$$

$$a(1/4, 1/4, 1/4), a(3/4, 3/4, 1/4), a(3/4, 1/4, 3/4), a(1/4, 3/4, 3/4)$$

1. מצאו את אינדקסי מילר המתאימים לשתי זוויות הפיזור הקטנות ביותר שתתקבלנה מפיזור

מאבקה. (20 נק')

2. מצאו את היחס בין עוצמות הפיזור בשתי הזוויות הנ"ל. (15 נק')

3. מחליפים את כל אטומי הסיליקון שממוקמים ב-(0, 0, 0) באטומי גרמניום. תארו איכותית כיצד

תשתנה תבנית הפיזור (שימו לב לכל השינויים המתקבלים). (15 נק')

שאלה 2

נתון סריג ריבועי דו-מימדי של N אטומים. קבוע הסריג הוא a. הניחו כי יחס הנפיצה לתנודות הגביש ניתן

על-ידי $\omega(k) = ck(1 - bk)$. הניחו כי $\frac{1}{2b} < k_D < \frac{1}{b}$ עבור וקטור הגל של דבאי, $k_D = |\vec{k}|$.

1. בהנחה של תנאי שפה מחזוריים, חשבו את צפיפות המצבים $g(\omega)d\omega$. (15 נק')

2. מצאו את תדר הקיטעון ω_m כך ש- $g(\omega) = 0$ עבור $\omega > \omega_m$. זהו את סוג הסינגולריות ליד

ω_m (כלומר החזקה γ בביטוי $g(\omega) \sim (\omega_m - \omega)^{-\gamma}$). (10 נק')

3. חשבו את החום הסגולי בתחום $k_B T \ll \hbar\omega(k_D)$ וזהו את החזקה χ ב- $c_V \sim T^\chi$ (ניתן לתת

תוצאה בצורת אינטגרל). (10 נק')

4. חשבו את החום הסגולי בתחום $k_B T \gg \hbar\omega_m$. (5 נק')

שאלה 3

נתונה מתכת חד-מימדית המורכבת מ-N אטומים, שהמרחק בין אטומים סמוכים בה הוא b . לכל אטום יש אלקטרון אחד ופונקציות הגל האטומיות הן מהצורה $\psi(r - R_i)$ כאשר R_i הוא המיקום של גרעין האטום בתא היחידה ה- i . נניח כי הגרעינים קבועים בנקודות הסריג, $(R_i = ib)$. בנוסף הניחו כי

$$\int \psi^*(r - R_i) H \psi(r - R_i) d^3r = -E_0$$

$$\int \psi^*(r - R_i) H \psi(r - R_{i+1}) d^3r = -V$$

$$\int \psi^*(r - R_i) H \psi(r - R_{i+j}) d^3r = 0, \quad \text{for } j \geq 2$$

כאשר H הוא ההמילטוניאן.

1. חשבו את מבנה הפסים האלקטרוני, ϵ_k vs k . (18 נק')
2. חשבו את צפיפות המצבים של האלקטרונים, $g(\epsilon) = dN/d\epsilon$. (12 נק')
3. חשבו את התרומה של הממוצעת של אלקטרון לאנרגיה הכוללת (ביחס ל $-E_0$) בטמפ' $T=0$. (12 נק')
4. נתונה מערכת זוהי, עם שני אלקטרונים לכל אטום. חשבו את התרומה של הממוצעת של אלקטרון לאנרגיה הכוללת (ביחס ל $-E_0$) בטמפ' $T=0$ עבור מערכת זו. האם המערכת עם שני אלקטרונים לכל אטום מתכתית? נמק. (8 נק')