

קירוב דבאי

נתונה מערכת d - מימדית בה יחס הנפיצה נתון ע"י $\omega = C|\vec{k}|^r$, כאשר $r \geq 1$ ו- C הוא מספר חיובי.

1. מצאו את צפיפות אופני התנודה ליחידת תדר ליחידת נפח.

2. חשבו את החום הסגולי בטמפרטורה נמוכה וגבוהה (בקירוב דבאי).

קירובי דבאי ואינשטיין

נתון גביש המורכב משריג d מימדי עם בסיס של שלושה אטומים. האטומים יכולים לנוע רק במקביל למישור הגביש. הענף האקוסטי (המנוון) של יחס הדיספרסיה עבור k קטנים נתון ע"י $\omega(k) = C\sqrt{|k|}$.
באשר C קבוע חיובי. התדירות הממוצעת של הענפים האופטיים היא ω_E . מספר תאי היחידה הפרימיטיביים בגביש הוא N , השטח הכולל של הגביש הוא A .

1. כמה מודים מכל סוג יש לכל k ?

2. מהי טמפרטורת דבאי של הגביש?

3. חשבו את צפיפות המצבים של הפונונים האקוסטיים.

4. קבלו ביטוי לתרומת הפונונים האקוסטיים לקיבול החום הסגולי של הגביש כפונקציה של

הטמפרטורה, בקירוב דבאי.

5. קבלו ביטוי לתרומת הפונונים האופטיים לקיבול החום הסגולי של הגביש כפונקציה של

הטמפרטורה, בקירוב אינשטיין.

6. קבלו ביטוי לקיבול החום הסגולי של כל הפונונים בגבול של טמפרטורה נמוכה ובגבול ההפוך.

זרם חשמלי מושרה

מהו הזרם החשמלי המושרה במתכת ע"י שדה חשמלי $\vec{E}(t)$ בתדירות ω בנוכחות שדה מגנטי קבוע $\vec{H} = H \hat{z}$?

1. מצאו את טנסור ההתנגדות החשמלית ואת טנסור המוליכות החשמלית.
2. מצאו טנסור המוליכות כאשר $\omega = 0$.
3. מצאו את טנסור המוליכות החשמלית בגבול של תדירות גבוהה ($\omega\tau \gg 1$). מה קורה בגבול זה אם $\omega \approx \omega_c$ ($\omega_c = \frac{eH}{mc}$).

הנח כי השדה המגנטי של הגל זניח לעומת השדה החשמלי שלו.

גלי הליקון

מתכת נמצאת בשדה מגנטי אחיד H בכיוון ציר z , ובשדה חשמלי מתנדנד $E e^{-i\omega t}$ הניצב לכיוון השדה המגנטי.

1. אם השדה החשמלי מקוטב מעגלית, $E_y = \pm i E_x$, הראה כי

$$j_x = \left(\frac{\sigma_0}{1 - i(\omega \mp \omega_c)\tau} \right) E_x \quad j_y = \pm i j_x \quad j_z = 0$$
2. הראה כי בצירוף למשוואות של הסעיף הקודם, למשוואות מקסוול קיים הפתרון

$$E_x = E_0 e^{i(kz - \omega t)}, \quad E_y = \pm i E_x, \quad E_z = 0$$
 בתנאי שקיים $k^2 c^2 = \epsilon \omega^2$, $\epsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega \mp \omega_c + i/\tau)}$, כאשר ω_c תדירות הציקלוטרון, $\omega_p^2 = \frac{4\pi n e^2}{m}$.
 תדירות הפלסמה.
3. הראו שכאשר $\omega \ll \omega_c$ ו- $\omega \gg \omega_p$ יחס הדיספרסיה עבור תדר נמוך הוא $\omega = \omega_c \left(\frac{k^2 c^2}{\omega_p^2} \right)$.
 גל תדר נמוך זה ידוע כהליקון.