

## קירובי דבא"י ואינשטיין, שרשרת חד מימדית

נתונה שרשרת חד מימדים דו אטומית, עם מסות  $M_1$  ו-  $M_2$  לסירוגין, קבוע הקפיץ  $C$  ומרחק בין אטומי  $R$ . לאטומים יכולת תנועה רק לאורך השרשרת. בשרשרת  $N$  תאי יחידה פרימיטיביים, ואורכה הכולל  $L$ .

1. הראה כי יחס הנפיצה הינו  $\omega_{\pm} = \sqrt{\frac{C}{\mu}} \sqrt{1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\mu}{M} \sin^2(kR)}}$ , כאשר  $\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$  היא

המסה המצומצמת ו-  $M$  סכום שתי המסות.

2. זהה הענף האקוסטי והאופטי.

3. מצא את צפיפות אופני התנודה ליחידת אורך ליחידת תדר עבור הענף האקוסטי ליד מרכז איזור ברילואין הראשון.

4. חשבו את טמפרטורת דבא"י (ענף אקוסטי בלבד) ורשמו את תרומת הענף האקוסטי לקיבול החום הסגולי בקירוב דבא"י.

5. הוסיפו לתוצאה בסעיף הקודם את תרומת הענף האופטי לקיבול החום הסגולי בקירוב אינשטיין. את תדירות אינשטיין קחו כתדירות הענף האופטי במרכז איזור ברילואין ורשמו את קיבול החום הכולל.

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

## שאלה 2

נתון שדה חשמלי התלוי בזמן:  $\vec{E}(t) = \vec{E}(\omega) e^{-i\omega t}$  (השדה עצמו ניתן ע"י החלק הממשי של זה).

א. רשמו את משוואות התנועה לפי מודל דרודה.

ב. ניתן לרשום את הקשר:  $\vec{j}(\omega) = \sigma(\omega) \vec{E}(\omega)$ . מצאו ביטוי ל  $\sigma(\omega)$ .

ג. ממשוואות מקסוול ניתן להגיע למשוואת הגלים בחומר (ביחידות cgs):  $-\nabla^2 \vec{E} = \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon(\omega) \vec{E}$

כאשר  $\varepsilon(\omega)$  נקרא המקדם הדיאלקטרי, והקשר שלו למוליכות הוא

$$\varepsilon(\omega) = \frac{i4\pi}{\omega} \sigma(\omega) + 1$$

מצאו את  $\varepsilon(\omega)$  בגבול של תדירות גבוהה.

בטאו את התוצאה בעזרת תדירות הפלסמה  $\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{m}}$ .