

אלקטרוניקה פיזיקלית 044124

סמסטר אביב 2018

מועד ב'

הנחיות

1. משך הבחינה - שלוש שעות.
2. בבחינה 4 שאלות. בידקו כי ברשותכם 4 עמודים כולל עמוד זה.
3. ניתן להשתמש בחומר עזר מכל סוג שהוא פרט לציוד תקשורת אלקטרוני (מחשב, טאבלט, טלפון וכו').
5. יש להגיש את מחברת הבחינה בלבד.
6. כיתבו בכתב יד ברור.
7. תשובות לא מנומקות לא תתקבלנה.
8. אנא ודאו שרשמתם את מספר תעודת הזהות על מחברת הבחינה.

שאלה מספר 1 (35 נקודות):

נתון חומר מונו-אטומי בעל מבנה שריגי מהסוג body-centered tetragonal. תא היחידה שלו נתון על ידי הוקטורים הפרימיטיביים:

$$\vec{a}_1 = ax, \vec{a}_2 = ay, \vec{a}_3 = c\hat{z}$$

כמו כן, נתונים וקטורי הבסיס עבור הבסיס של השריג:

$$\vec{d}_1 = 0x, \vec{d}_2 = \frac{a}{2}x + \frac{a}{2}y + \frac{c}{2}\hat{z}$$

קבוע השריג הינו $a = 4.2[\text{Angstrom}]$ ורדיוסו של כל אטום $r = a/2$.

א. (4 נק') - ציירו את מבנה השריג.

ב. (5 נק') - מצאו את נפח תא היחידה הפרימיטיבי. כמה אטומים מכיל תא היחידה?

ג. (6 נק') - מצאו את היחס c/a כך שיתקבל פקטור אריזה (Packing Factor) מקסימלי. מהו פקטור האריזה במקרה זה?

ד. (6 נק') - ציירו את תא ויגנר-זייטס של שריג זה (הישיר).

ה. (7 נק') - מצאו את הוקטורים הפרימיטיביים של השריג ההופכי. ציירו את השריג ההופכי ומצאו את אזור ברילואין הראשון.

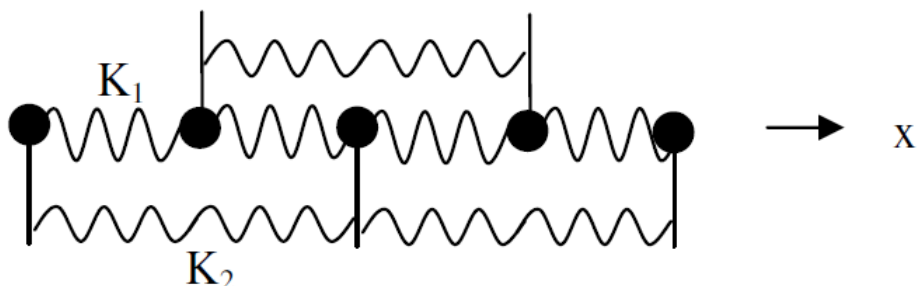
ו. (7 נק') - יחס הדיספרסיה עבור החומר הנ"ל נתון על ידי:

$$E(\vec{k}) = -t[\cos(ak_x)\cos(ak_y) + \cos(ak_x)\cos(ck_z) + \cos(ak_y)\cos(ck_z)]$$
$$t = 2[eV]$$

מצאו את טנזור המסה האפקטיבית עבור חומר זה.

שאלה מספר 2 (35 נקודות):

נתונה שרשרת אינסופית של אטומים חד-ממדית (כל האטומים זהים). כל אטום היינו בעל מסה m וקשור בקפיץ עם קבוע קפיץ K_1 לשני השכנים הקרובים ביותר, וכן לשני השכנים הבאים הקרובים ביותר עם קפיץ בעל קבוע K_2 כמתואר בציור. נתון בנוסף כי המרחק בין האטומים הוא a .



א. (10 נק') - כתבו את האנרגיה הפוטנציאלית עבור חלקיק (או חלקיקים) הנמצא בתא היחידה u_n

(אם מדובר ביותר חלקיקים אז השתמשו בסימון נוסף), המוגבל לתנועה רק בכיוון x . גזרו את משוואת התנועה המתאימה.

ב. (10 נק') - ננחש פתרון מהצורה $u_n = Ae^{i(kan - \omega t)}$. מצאו את יחס הנפיצה $\omega(k)$ של השרשרת.

ג. (5 נק') - איזה אופן קיבלתם? אקוסטי או אופטי? נמקו! באם מדובר באופן אקוסטי, חשבו את מהירות הקול של האופן.

ד. (5 נק') - מהי התדירות המקסימלית של המערכת? עבור איזה ערך של k מתקבל מקסימום זה? לרשותכם עומדות הזהויות הבאות:

$$\sin(2ka) = 2 \cos(ka) \sin(ka)$$

$$\cos(2ka) = 2 \cos^2(ka) - 1$$

ה. (5 נק') - עבור התדר המקסימלי שקיבלתם בסעיף הקודם, ציירו את כיוון תנועת האטומים היחסית באתרים סמוכים.

שאלה מספר 3 (10 נקודות):

נתון אוסף של גז המורכב ממולקולות תלת-אטומיות ישרות (ליניאריות) הנמצא בטמפרטורה כלשהיא.

1. (2 נק') - בקורס עסקנו בדרגות חופש של הזזה, סיבוב ורטט. מצאו כמה דרגות חופש קיימות עבור כל מולקולה לפי סוג הדרגה.

ידוע שעבור דרגות החופש השונות, האנרגיות הטיפוסיות עבור כל דרגה מקיימות:

$$\mathcal{E}_{\text{Translation}} \ll \mathcal{E}_{\text{Rotation}} \ll \mathcal{E}_{\text{Vibration}}$$

2. (6 נק') - כיצד יראה קיבול החום של גז המורכב מהמולקולות הנ"ל כתלות בטמפרטורה? ציירו גרף, סמנו נקודות עיקריות והסבירו את ההתנהגות עבור כל אזור בגרף!

3. (2 נק') - הסבירו בקצרה מה טוען משפט החלוקה השווה. כיצד הדבר מסתדר עם הגרף שקיבלתם עבור טמפרטורות שונות?

שאלה מספר 4 (20 נקודות):

ענו על הסעיפים הבאים בקצרה – עד 4-5 משפטים לכל סעיף (הסעיפים אינם קשורים זה לזה). נמקו את תשובותיכם היטב. באם יש צורך, השתמשו בנוסחאות אותן ראינו בקורס:

1. (2 נק') - מהו ההבדל בין מודל איינשטיין לבין מודל דבאי?
2. (2 נק') - עבור מחסום פוטנציאל ריבועי, הסבירו: מדוע ישנן אנרגיות אשר בהן מתקבל שיא בהסתברות למנהור?
3. (2 נק') - הצדיקו את השימוש בקירוב יחס הנפיצה הפרבולי עבור צפיפות המצבים במוליכים למחצה.
4. (2 נק') – עבור בעיית פיזור של חלקיק מפוטנציאל, כיצד ניתן להתגבר על בעיה שפונקציית הגל הכוללת איננה ניתנת לנרמול (ישנן שתי דרכים שונות עליהן דיברנו בכיתה – ציינו אחת)?
5. (2 נק') - בהרצאה ראיתם שניתן להגדיר את מהירות הקול עבור שריגים (שהם מבנים מסודרים) כשם שניתן להגדיר אותה עבור חומרים אמורפיים (שאינם מסודרים) כמו אויר, מים וכו'. הצדיקו את ההגדרה הנ"ל (תחת איזה קירוב שעשינו היא מתקיימת?).
6. (2 נק') - בהרצאה ראיתם שעבור בור-פוטנציאל כלשהוא, רמת האנרגיה הראשונה תמיד ממוקמת באנרגיה מסויימת שהיא מעל לתחתית הבור. מדוע?
7. (2 נק') - במוליכים למחצה בעלי פער אנרגיה עקיף, מסממים מסוגים שונים נוטים להגדיל את קצב ההתאחדות של אלקטרונים וחורים. הצדיקו את המשפט הנ"ל בהנחה שריכוז המסממים קטן הרבה יותר מריכוז האטומים המקוריים של השריג (למשל אטומי סיליקון).
8. (2 נק') - "פסי אנרגיה מלאים אינם תורמים להולכה החשמלית" – הצדיקו משפט זה.
9. (2 נק') - נתונים שני פתרונות (בלבד) לבור פוטנציאל כלשהוא – סימטרי ואנטי-סימטרי. מי מהם בעל האנרגיה הגדולה יותר?
10. (2 נק') - נתונה מערכת תרמודינמית קנונית המחולקת ל-2, כאשר שני החלקים בעלי אותה טמפרטורה. האם האנטרופיה של המערכת מקסימלית?