

אלקטרוניקה פיזיקלית 044124

סמסטר אביב 2019

מועד ב'

הנחיות

- 1. משך הבחינה - שלוש שעות.**
- 2. בבחינה 4 שאלות. בידקו כי ברשותכם 5 עמודים כולל עמוד זה.**
- 3. ניתן להשתמש בחומר עזר מכל סוג שהוא פרט לצידוד 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 (20 נקודות):

בהרצאות ובתרגולים למדתם על מודל דרודה אשר מתייחס אל האלקטרונים במתכת כאל גז של חלקיקים חופשיים.

1. (5 נק') - נתון שצפיפות האלקטרונים ליחידת נפח היא n ושהם יכולים לנוע ב-3 מימדים. מהו קיבול החום של האלקטרונים ליחידת נפח?

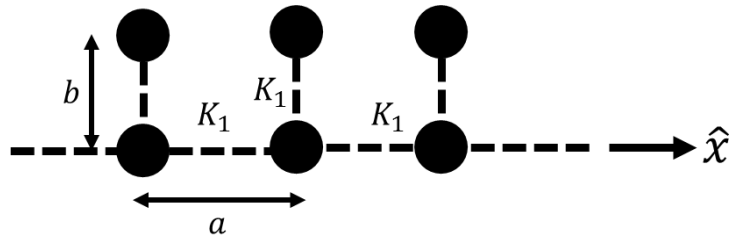
2. (5 נק') - הביטוי שקיבלתם אינו נכון עבור טמפרטורות נמוכות מאוד, הסבירו מדוע?

3. (5 נק') - ההנחה של מודל דרודה לפיה כל האלקטרונים משתתפים בהולכה הינה שגויה (בין היתר גם בטמפרטורות גבוהות). נמקו מדוע!

4. (5 נק') - נתון שצפיפות המצבים ליחידת אנרגיה סביב רמת פרמי הינה G וכן שרוחב השינוי בהתפלגות פרמי-דיראק הינו $\sim k_B T$. השתמשו במשפט החלוקה השווה וקבלו את קיבול החום האלקטרוני של המתכת עבור טמפרטורות נמוכות (עבור אילו טמפרטורות הקירוב תקף?).

שאלה מספר 2 (35 נקודות):

נתונה שרשרת של אטומים בעלי מסות m (ראו איור מצורף).

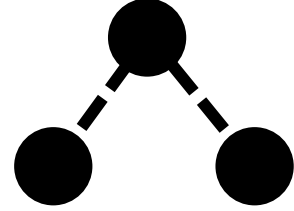


מצאו את :

1. (17 נק') – מצאו את יחס הנפיצה $\omega(k)$ הכולל (אשר מכיל בתוכו את כל יחסי הנפיצה לכל האופנים).
2. (8 נק') - עבור $k=0$, מצאו את תדרי התנודות של האטומים בתא היחידה. כמה סוגי תנודות כאלה קיימים בבעיה? הסבירו איזה אופן (אקוסטי/אופטי) שייך לכל תנודה.
3. (10 נק') – עבור הסעיף הקודם, חשבו מפורשות את הוקטורים העצמיים של כל אחת מהתנודות עבור $k=0$.

שאלה מספר 3 (25 נקודות):

נתונה מערכת של מולקולות (ללא אינטרקציה בינהן) כאשר כל מולקולה מורכבת משלושה אטומים אשר לכל אחד מהם רמת אנרגיה ε כלשהי המסוגלת לאכלס 2 אלקטרונים (ראו איור מצורף).



עוד נתון כי בין כל זוג אטומים ישנו צימוד בעל אנרגיה אופיינית λ . הניחו שכל מולקולה מכילה **אלקטרון אחד בלבד** אשר יכול לאכלס את המצבים של המולקולה.

1. (5 נק') - בהינתן שפונקציית הגל של כל אטום היא מצב עצמי, כיצד תיראה מטריצת האנרגיה של המולקולה (לפני לכסון)?
2. (6 נק') – הוסיפו את אנרגיית הצימוד למטריצה מהסעיף הראשון ולכסנו את את המטריצה, מהן האנרגיות העצמיות החדשות?
3. (6 נק') – נתון ש- $\varepsilon = 0$ (שימו לב, אין בעיה עם אנרגיות שליליות והנתון הנ"ל נועד להקל על החישובים). מצאו את פונקציית החלוקה של המערכת וכן את האנרגיה הממוצעת שלה בהינתן ולכל מולקולה יש חלקיק יחיד המאכלס את הרמות.
4. (8 נק') - שרטטו איכותית את קיבול החום של המערכת כתלות בטמפרטורה, ציינו אזורים שונים על פני הגרף והסבירו את תשובתם?

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') - עבור מחסום פוטנציאל ריבועי, הסבירו: מדוע ישנן אנרגיות אשר בהן מתקבל שיא בהסתברות למנהור?
2. (2 נק') - הצדיקו את השימוש בקירוב יחס הנפיצה הפרבולי עבור צפיפות המצבים במוליכים למחצה.
3. (2 נק') - בליעה/פליטה של פוטון מצויינת כקו אנכי במבנה הפסים של השריג. מדוע?
4. (2 נק') – נתון שריג בעל מבנה פסים כלשהוא. כאשר מחממים את השריג, פער האנרגיה קטן. מדוע?
5. (2 נק') - בהרצאה ראיתם שעבור בור-פוטנציאל כלשהוא, רמת האנרגיה הראשונה תמיד ממוקמת באנרגיה מסויימת שהיא מעל לתחתית הבור. מדוע?
6. (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)?
7. (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)?
8. (2 נק') – מהי ההצדקה הפיזיקלית לשימוש בהתפלגות מקסוול-בולצמן במוליכים למחצה?
9. (2 נק') - "פסי אנרגיה מלאים אינם תורמים להולכה החשמלית" – הצדיקו משפט זה.
10. (2 נק') - נתונה מערכת תרמודינמית קנונית המחולקת ל-2 חלקים נפרדים, כאשר שני החלקים בעלי אותה טמפרטורה. האם האנטרופיה של המערכת מקסימלית?