

אלקטרוניקה פיזיקלית 044124

סמסטר חורף 2020

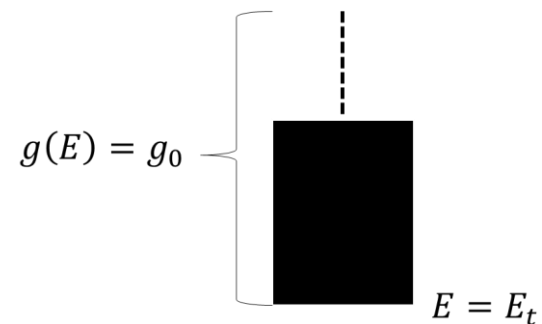
מועד ב'

הנחיות

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

שאלה מספר 1 (25 נקודות):

נתונה מערכת של N חלקיקים בלתי מובחנים כאשר עבור כל חלקיק נתונות האנרגיות הנראות בציור.



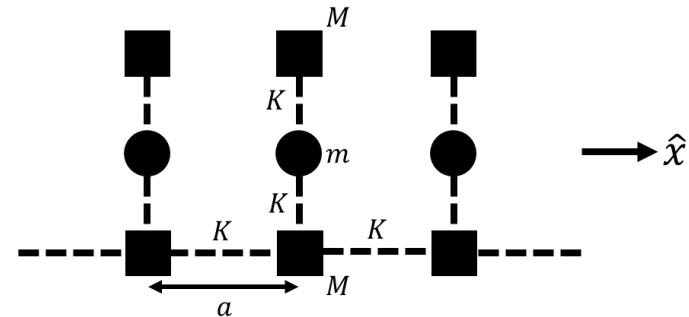
————— $E = 0$

ישנה רמה דיסקרטית אחת ללא ניוון בעוד שהחל מאנרגיית סף מסויימת (E_t) , ישנו רצף של אנרגיות מותרות עם ניוון נתון (למען הסר ספק רצף זה ממשיך עד אינסוף).

1. (5 נק') - כתבו ביטוי לפונקציית החלוקה של אחד החלקיקים במערכת.
2. (5 נק') - מהי האנרגיה הממוצעת של כל המערכת כתלות בטמפרטורה? כיצד היא מתנהגת אסימפטוטית עבור טמפרטורות נמוכות מאוד או גבוהות מאוד? נמקו!
3. (5 נק') - מהו קיבול החום של המערכת בטמפרטורות גבוהות? האם תוצאה זו צפויה? נמקו!
4. (10 נק') – שרטטו (איכותית) גרפים עבור האנרגיה הממוצעת וקיבול החום של המערכת. הסבירו (על סמך הסעיפים הקודמים) את הגרפים.

שאלה מספר 2 (40 נקודות):

נתון חלק משרשרת אטומים (כנראה באיור) אשר מסוגלים לנוע בציר x בלבד. האטומים השונים בעלי מסות M, m וכל קבועי הקפיץ הינם K כלשהוא.



1. (15 נק') – מצאו את המטריצה האופיינית של הבעיה (אין צורך לחשב את יחס הנפיצה מתוך מטריצה זו).
2. (10 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') – מצאו את הווקטורים העצמיים עבור התדרים מהסעיף הקודם וציירו (בצורה איכותית) את תנועת האטומים בתא היחידה עבור כל תדר.
4. (5 נק') – פונונים הם בוזונים, כיצד ניתן לראות זאת?

שאלה מספר 3 (35 נקודות):

נתון שריג דו-מימדי מלבני שקבועי השריג שלו הם a, b כלשהם והוא בעל שני פסי אנרגיה : פס ערכיות שערכו המקסימלי הוא $E_V(k_x=0, k_y=0) = 0$ ופס הולכה שצורתו נתונה בביטוי הבא :

$$E_C(k_x, k_y) = E_0 + 2\gamma_x \cos(k_x a) - 2\gamma_y \cos(2k_y b)$$

כאשר $E_0, \gamma_x, \gamma_y > 0$ נתונים. עוד נתון ש- $E_0 > 4\gamma_x, E_0 > 4\gamma_y$

א. (5 נק') - שרטטו איכותית את צורת הפס העליון לאורך הצירים k_x, k_y (כלומר עבור $(k_x, 0)$ ו- $(0, k_y)$).

ב. (5 נק') - מהו פער האנרגיה של השריג הנתון? האם מדובר בפער אנרגיה ישיר או עקיף?

כעת נתונה גם צורתו של פס הערכיות :

$$E_V(k_x, k_y) = -E_V + \frac{E_V}{2} \cos(k_x a) + \frac{E_V}{2} \cos(2k_y b)$$

ג. (5 נק') - מצאו את המסות האפקטיביות בקצהו העליון של פס הערכיות.

ד. (5 נק') - נתון כי בתא היחידה של שריג זה אטום אחד התורם שני אלקטרונים למבנה הפסים. עבור הטמפרטורה $T = 0$ האם החומר מבודד או מוליך?

ה. (5 נק') - בהמשך לסעיף הקודם, כעת נתון ש- $T > 0$. כיצד תשתנה תשובתכם לסעיף הקודם כתלות בטמפרטורה? איזה תנאי צריך להתקיים כדי שתשובתכם תשתנה (אם היא אכן משתנה)?

ו. (5 נק') - כעת נתון (עבור סעיף זה בלבד) ש- $\gamma_x + \gamma_y > \frac{E_0}{2}$. האם תשובתכם לשני הסעיפים הקודמים תשתנה? נמקו!

ז. (5 נק') – האם ניתן להשתמש בחומר הנתון לבניית דיודה פולטת אור? האם ניתן להשתמש בחומר הנתון לבניית גלאי למצלמה? נמקו!

גדלים פיזיקליים שימושיים:

$$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} [kg]$$

$$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} [J / K]$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$$

זהויות טריגונומטריות שימושיות:

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2} [\cos(a + b) + \cos(a - b)]$$

$$\sin(a) \sin(b) = \frac{1}{2} [\cos(a - b) - \cos(a + b)]$$

$$\sin(a) \cos(b) = \frac{1}{2} [\sin(a + b) + \sin(a - b)]$$

$$\sin(\pi - a) = \sin(a)$$

$$\cos(\pi - a) = -\cos(a)$$

$$\sin(\frac{\pi}{2} - a) = \cos(a)$$

$$\cos(\frac{\pi}{2} - a) = \sin(a)$$

$$\sin(-a) = -\sin(a)$$

$$\cos(-a) = \cos(a)$$

$$\cos(a) = \frac{1}{2} [e^{ia} + e^{-ia}]$$

$$\sin(a) = \frac{1}{2i} [e^{ia} - e^{-ia}]$$