

מבחן בקורס מבוא לתורת המצב המוצק (351.3217)

ד"ר חיים דימנט

יש לענות על שלוש שאלות מתוך הארבע.
מותר שימוש בכל חומר עזר.
משך המבחן שלוש שעות.

1. המבנה של גביש יהלום ניתן על-ידי שריג fcc ובסיס בן שני וקטורים: $(0\ 0\ 0)$ ו- $(\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{4})$.
קבוע השריג (הקונבנציונלי) הוא $a = 3.56\ \text{\AA}$.
 - א. רשמו הגדרה של הגביש בהצגה קונבנציונלית.
 - ב. חשבו את גורם המבנה (structure factor) של הגביש כפונקציה של אינדקסי מילר $(h\ k\ l)$.
 - ג. חשבו את אורך הגל המרבי אשר יאפשר קבלת טבעת עקיפה כלשהי בפיזור קרני X.
 - ד. הביאו דוגמא למשפחת מישורים (מבוטאת כשלושת אינדקסי מילר), אשר תגרום לטבעת עקיפה בפיזור על שריג קובי פשוט, אך לא תגרום לטבעת עקיפה בפיזור על יהלום.
2. נתון גז תלת-ממדי של פרמיונים בעלי ספין $\frac{1}{2}$, הכולל N חלקיקים ונפח V .
האנרגיה החד-חלקיקית מקיימת את יחס הנפיצה הבא: $\varepsilon(\vec{k}) = \hbar c |\vec{k}|$.
מצאו ביטויים עבור הגדלים הבאים:
 - א. צפיפות המצבים $D(\varepsilon)$
 - ב. אנרגיית פרמי
 - ג. האנרגיה הפנימית בטמפרטורה 0
 - ד. קיבול החום בטמפרטורות נמוכות.
3. נתון מוליך-למחצה בעל פער ישיר E_g ורמת פרמי μ . החומר מכיל ריכוז n_a של מזהמים (acceptors), המוסיפים מצב אלקטרוני קשור בתוך הפער, באנרגיה E_a מעל קצה פס הערכיות. המסה האפקטיבית של חורים בקצה פס הערכיות היא m_h^* ושל אלקטרונים בקצה פס ההולכה m_e^* . הניחו כי האנרגיה התרמית $k_B T$ נמוכה בהרבה מכל אנרגיה אחרת לה אתם זקוקים לצורך החישוב.
 - א. מה ההסתברות לאכלוס המצב הקשור באלקטרון, כפונקציה של T ו- μ ?
 - ב. מה צפיפות החורים בפס הערכיות כתוצאה מהמזהמים?
 - ג. בהנחה כי רוב החורים בפס הערכיות נוצרים על-ידי המזהמים, חשבו את צפיפות החורים כפונקציה של T (ללא תלות ב- μ).

4. נתון שריג דו-ממדי בעל N אטומים זהים, קבוע שריג a ומהירות קול v .
- א. כמה ענפים כולל ספקטרום הפונונים של הגביש? כמה מהם אקוסטיים?
- ב. חשבו את קיבול החום של השריג בגבול של טמפרטורות גבוהות ובגבול של טמפרטורות נמוכות.

$$\int_0^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx = 2\zeta(3) \approx 2.4$$

בהצלחה!