

**מבחן בקורס מבוא לתורת המצב המוצק (351.3217)**

ד"ר חיים דימנט

יש לענות על שלוש שאלות מתוך הארבע.  
 מותר שימוש בכל חומר עזר.  
 אין צורך לרשום מחדש דברים שנרשמו כבר בספר, במחברת הכתה או בתרגילים.  
 משך המבחן שלוש שעות.

1. המבנה של גביש KBr ניתן על-ידי שריג fcc ובסיס בן שני וקטורים (בהצגה של וקטורי הבסיס של fcc): אטום K ב- (0 0 0) ואטום Br ב-  $(\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2})$ . קבוע השריג (הקונבנציונלי) הוא  $a = 6.60 \text{ \AA}$ .
- א. חשבו את גורם המבנה של הגביש כפונקציה של אינדקסי מילר  $(h k l)$  ושל גורמי הצורה האטומיים  $f_K$  ו- $f_{Br}$ .
- ב. באיזו זווית תתקבל טבעת העקיפה הראשונה בפיזור קרני X באורך גל של  $6.60 \text{ \AA}$ ?

2. נתון גז אלקטרוניים תלת-ממדי בעל  $N$  חלקיקים, נפח  $V$  וטמפרטורה  $T$ . חשבו את התכונות הבאות של הגז בגבול של טמפרטורה נמוכה (אבל סופית,  $T > 0$ ):
- א. האנטרופיה  $S$
- ב. האנרגיה החופשית של הלמהולץ  $F$
- ג. הלחץ  $p$ .

עזר:  $C_V = T \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_{V,N}$ ,  $F = U - TS$ ,  $p = - \left( \frac{\partial F}{\partial V} \right)_{T,N}$

3. נתון גביש חד-ממדי מונו-אטומי בעל קבוע שריג  $a$ . אנרגיית האינטראקציה בין כל זוג אטומים ניתנת על-ידי פוטנציאל לנרד-גיונס:

$$\phi(r) = 4\epsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$

כאשר  $\epsilon = 0.01 \text{ eV}$  ו- $\sigma = 3 \text{ \AA}$ .

- א. מהי אנרגיית הקוהזיה פר אטום כפונקציה של  $\epsilon, a$  ו- $\sigma$ ?
- ב. מה ערכו של קבוע השריג  $a$  בשיווי-משקל?

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^6} = \frac{\pi^6}{945} \approx 1.017, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{12}} = \frac{691\pi^{12}}{638512875} \approx 1.00025$$

4. נתון שריג חד-ממדי בעל  $N$  תאי יחידה. כל תא יחידה מכיל 3 אטומים. קבוע השריג הוא  $a$  ומהירות הקול  $v$ .

- א. כמה ענפים כולל ספקטרום הפונונים של הגביש? כמה מהם אקוסטיים? כמה אופטיים?  
ב. חשבו את קיבול החום של השריג בגבול של טמפרטורות גבוהות ובגבול של טמפרטורות נמוכות.

$$\int_0^{\infty} \frac{x}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^2}{6}$$

**בהצלחה!**