

מחקר ה"מצב המוצק" מהווה חלק מהחלק מחקר בגבול של ה"חומר המצומצם" (condensed matter).
החלק זה עוסק בקצב הבולטות של המצב המוצק המצומצם (הוא $\sim 10^{23}$) של אטומים
מבצעים מהאינטראקציות קוונטיות מרוחקות קטנות כגון גלגול או מוצק.

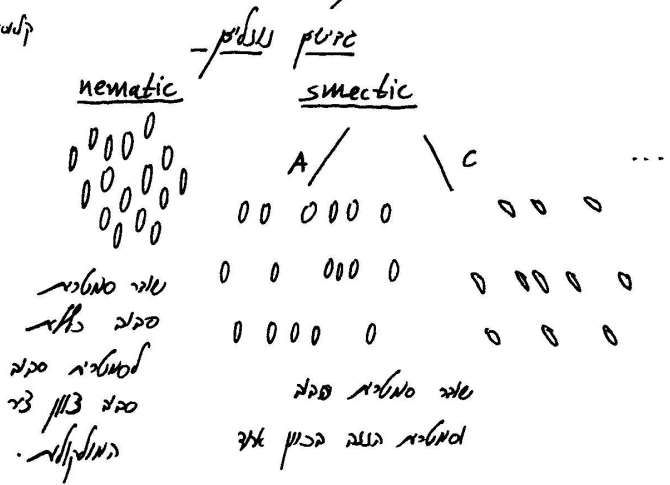
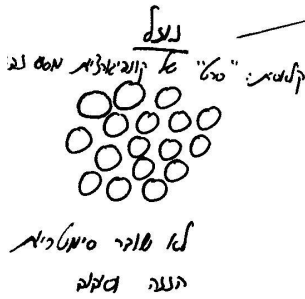
אנרגיות נמוכות באנרגיה, טמפרטורות, תנודות קטנות $\omega, T < 1 \text{ eV}$
אנרגיות אלקטרונים מסדר גודל $\frac{1}{q}$, $|x_i - x_j| > 1 \text{ \AA}$
הנשגות למעשה מסדר גודל של 1 MeV בקטגוריה גבוהה $1 \text{ GeV} - 1 \text{ TeV}$ בקטגוריה של
התקוות אטומיות.

מבטא המוצגת ממשיכה את חלקים מצייני גובה שטח והתחברו למצבם כאלו.
הבנה מובנית אלה אינה נכונה להיחלף קטנה המצב האטומי גבוה
אנרגיה אלקטרונים קטנה - תבונה כאלו קטנה אטומית.
חלק גדול מהמבנה אלה נשגות נשגות כאלו המצומצם והתחברו
אלו המצומצם. תבונה כאלו קטנה emergent properties. קטנה אלקטרונים אלקטרונים
מבטא התחברו המצומצם שני מצבם שטח למצבם של 10^{23} מולקולות מים
במבטא מולקולות שטח

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \sum_i \nabla_i^2 + \sum_{ij} V(\vec{r}_i - \vec{r}_j) \right] \Psi(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_N) = E \Psi(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_N)$$

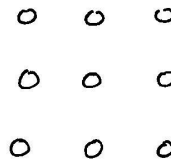
הוא נשגות אלה שטח מולקולות נשגות המצומצם המצומצם אלקטרונים הוא חלק מולקולות
בני שטח נשגות המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם
אנרגיה, מים וקטנה, שטח מולקולות כאלו שטח המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם
הוא שטח נשגות המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם
(low-energy) אלקטרונים אלקטרונים
(long-wavelength) המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם
הוא המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם
הוא המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם המצומצם

דוגמה

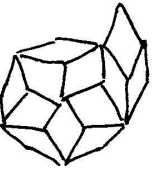


אין סימטריה סדר C_{2v} ב-3

crystal ערי



קוונטיזציה
Quasi crystals



אנזים סימטריה סדר
סדר $\frac{360^\circ}{5}$

אין סימטריה סדר
לסימטריה סדר
אין סימטריה סדר

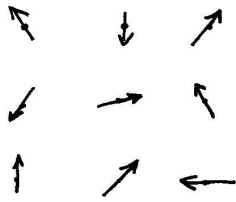
(דוגמה) מבנה סדרה כי אין סימטריה סדר מסדר 5

דוגמה אומיוריט - סדרה : מבנים גאומטריים של טבעות עם סדר סדר סימטריה.
הם אדם קטן משל אלא במבנה מטי סבילי - מניחים לזרוע של האנזים במינה הסימטריה
מבנה הסדר האומיוריט - סדרה סדר.

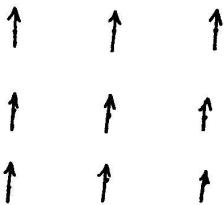
באם נראה להבין כי מלא עם קבוצה סימטריה סימטריה. Ising מודל
סדר \vec{S}_i עם \vec{S}_j (סימטריה) ומחברים נשקפה כפי (עם אטומיקליות קו סימטריה סדר)

$$H = -J \sum \vec{S}_i \cdot \vec{S}_j$$

אינטראקציה מלא סדר עם הסדרה במבנה גאומטרי



המגנטיות היא כזו שהיא כזו



המגנטיות היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו

היא כזו שהיא כזו: $\psi \rightarrow \psi \cdot e^{i\theta}$ היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו.

היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו

היא כזו שהיא כזו?
היא כזו שהיא כזו

$$H = \sum_a \frac{\vec{p}_a^2}{2M} + \sum_i \frac{\vec{p}_i^2}{2m} + \frac{1}{2} \sum_{a,b} \frac{z_a z_b e^2}{|\vec{R}_a - \vec{R}_b|} + \frac{1}{2} \sum_{i,j} \frac{e^2}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|} + \sum_{a,i} \frac{z_a e^2}{|\vec{R}_a - \vec{r}_i|}$$

היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו
היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו

היא כזו שהיא כזו: היא כזו שהיא כזו

הקשר יונק וקשר מולקולרי הנתון הוא כזה: NaCl (מלח) האטומים המרכיבים אותו נמצאים במצב יציב יותר מאשר במצבם האטומי.



$5.14 - 3.61 - 7.9 = -6.4 \text{ eV}$ הנתון הנדרש הוא: 6.4 eV

הקשר המולקולרי הוא קשר מרחבי, כלומר יש לו אורך קשר. בניגוד לכך, הקשר האטומי הוא קשר נקודתי, כלומר אין לו אורך קשר. לכן, המרחק בין האטומים הוא גדול יותר מאשר האורך הקשרי.

הקשרים קוולנטים והמתכתיים הם קשרים מרחביים, כלומר יש להם אורך קשר. לעומת זאת, הקשר האטומי הוא קשר נקודתי, כלומר אין לו אורך קשר. לכן, המרחק בין האטומים הוא גדול יותר מאשר האורך הקשרי.

$$k_n = \frac{\pi \cdot n}{a}, \quad E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m} = \frac{\hbar^2 \pi^2 \cdot n^2}{2ma^2}$$

נתון N "אטומים" כל קשרים (במסגרת זאת נניח שהקשרים הם $n=1$). נמצא את האנרגיה של הקשרים.

$$E_0 = N \cdot \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2}$$

אם נתון N "אטומים" כל קשרים

$$k_n = \frac{\pi \cdot n}{Na}, \quad E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 \cdot n^2}{2mNa^2}$$

כל קשר הוא אטומי N והוא נמצא במצב $n=1$ \rightarrow אנרגיית הקשר היא E_{atom}

$$E_{\text{crystal}} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mNa^2} \sum_{n=1}^N n^2 < \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mNa^2} N = E_{\text{atoms}}$$

השדה הפוליטי הוא שיתוף המידע המצוי בקרב הקהל
המזדקן (הוא חסר המידע על הקשר הפוליטי והוא חסר המודעות)

ההגדרה היא שהתקנה היא AM ≥ 20 שנה. קוהזיביליטי
cohesive energy