

# סוד הגבישים המוזרים

מאת איתי נבו

## על מה קיבל פרופ' דן שכטמן פרס נובל בכימיה?

רבים מהמוצקים הקיימים בטבע, ממים קפואים ומלח שולחן ועד מתכות רבות, הם גבישים. ייחודם של הגבישים הוא המבנה המרחבי שלהם. הם מורכבים מאטומים או מולקולות (קבוצות אטומים) בסידור מחזורי קבוע – יחידות זהות השלובות זו בזו. אפשר לדמיין גביש בדומה ליערת דבש, שם מסודרות יחידות בצורת משושה באופן מחזורי ומתואם. אולם בניגוד לחלת הדבש, היוצרת מבנה שטוח, המבנים הגבישיים הם תלת-ממדיים. לכן היחידות המרכיבות אותם צריכות להיות בעלות סימטרייה מסוימת שתאפשר להם להשתלב במבנה המרחבי. עד מחקרו של שכטמן היה ברור שרק יחידות בעלות ארבעה סוגים של סימטרייה סיבובית יכולות להרכיב גביש: כפולה, משולשת, מרובעת או משושה. סימטרייה סיבובית היא מספר הפעמים שאנו יכולים לסובב אובייקט מסוים, ומראהו לא ישתנה. מגן דוד למשל הוא בעל סימטרייה משושה – בכל פעם שנסובב אותו על צדו, נקבל אותה צורה בדיוק, ויש לו שישה קדקודים.

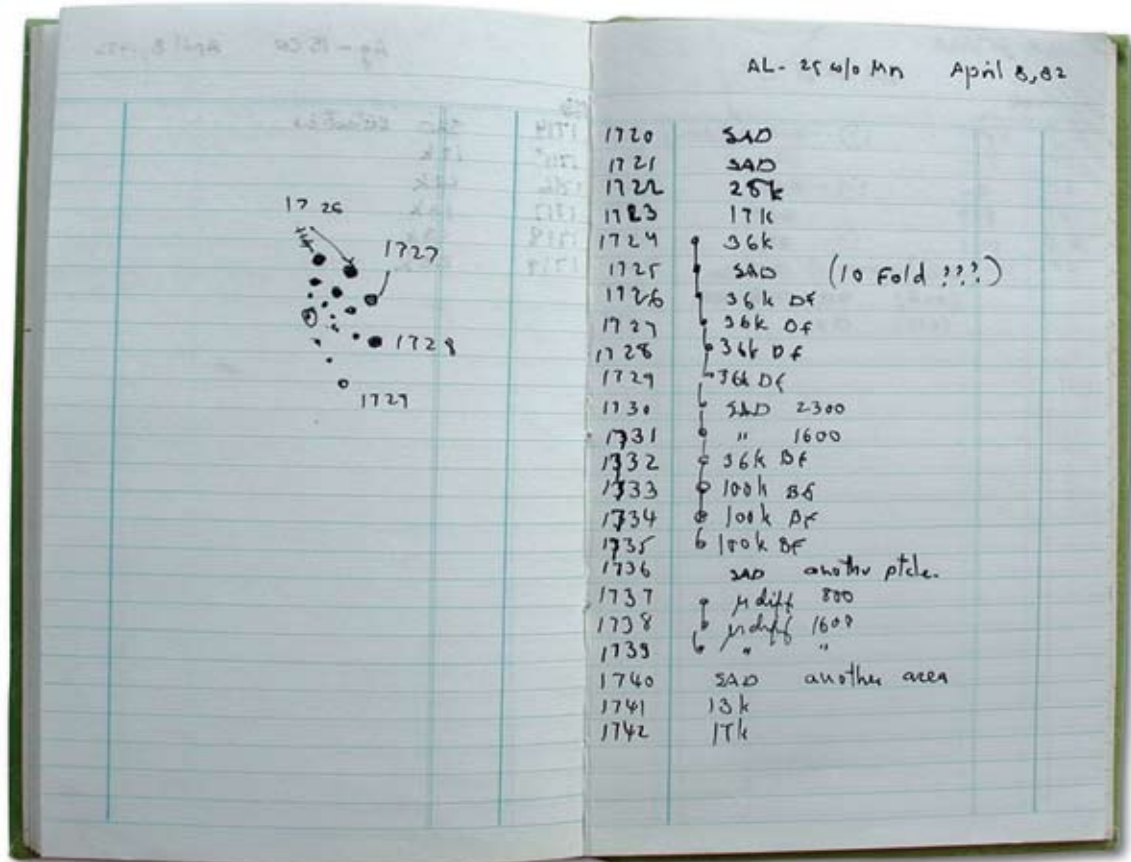
פיזור האלקטרונים שראה שכטמן במיקרוסקופ. התמונות הראשונות העידו על סימטרייה של עשרה צדדים, ואחר כך התברר כי היא מחומשת.

## הקרניים והאור

כדי להבין את המבנה של גבישים ולזהות את צורת היחידות המרכיבות אותם משתמשים המדענים בטכנולוגיה הקרויה קריסטלוגרפיה של קרני X (רנטגן). הם משגרים קרן רנטגן אל גביש מסתובב, והקרניים המוחזרות מן הגביש פוגעות בלוחות צילום ויוצרות עליהם תבנית מסוימת. ניתוח התבנית הזאת מאפשר לשחזר את זוויות הפגיעה של הקרניים בגביש, להבין כיצד הוא נראה ולפענח את מבנה היחידות המרכיבות אותו. השיטה הזאת שימשה גם בכמה הישגים מדעיים היסטוריים, כמו פיענוח המבנה של ה-DNA או קביעת מבנה הריבוזום, שזיכתה את עדה יונת ועמיתה בפרס נובל.

## ועדת פרס נובל כתבה בנימוקי הזכייה:

"בקוואזי-גבישים אנו מוצאים את אמנות המצרפים הערביים (שאפשר למצוא אותם מעטרים כמה מהמסגדים החשובים שנבנו לאורך ההיסטוריה) משוכפלת ברמה האטומית: תבניות סדירות שאינן חוזרות על עצמן. אולם התצורה שבקוואזי-גבישים נחשבה בלתי אפשרית, ופרופ' שכטמן נאלץ להילחם קשות במדע הממוסד. פרס נובל לכימיה לשנת 2011 מוקדש לדרך שבה רואים הכימאים את החומר המוצק."



המחברת שבה כתב דן שכתמן לראשונה את שראה במיקרוסקופ (בשלושה סימני שאלה), 8 באפריל 1982.

## בלי מחזוריות

שכתמן השתמש בעיקרון דומה לחקר המבנה של מתכות במיקרוסקופ אלקטרוניים. מאופן הפיזור של קרן האלקטרונים הפוגעת בגביש אפשר לפענח את המבנה המרחבי שלו. כשחקר ב-1982 סגסוגת של אלומיניום ומנגן, הוא הופתע לגלות כי יחידות הגביש מציגות סימטרייה מחומשת. משמעות הדבר היא שהגביש אינו יכול להיות מסודר בצורה מחזורית (אי אפשר לסדר מחומשים צמודים זה לזה ולקבל תבנית מחזורית קבועה כמו המשושים ביערת הדבש), וגביש כזה - כך סברו אז - לא ייתכן. שכתמן הצליח להוכיח בניסוייו כי הסימטרייה שראה אכן קיימת, וכי הגביש הזה אינו בעל מחזוריות קבועה אף על פי שבעין בלתי מזוינת הוא נראה גביש רגיל. החומרים האלה קיבלו את השם "גבישים קוואזי-מחזוריים" (quasi-periodic).

שכתמן השתמש בעיקרון דומה לחקר המבנה של מתכות במיקרוסקופ אלקטרוניים. מאופן הפיזור של קרן האלקטרונים הפוגעת בגביש אפשר לפענח את המבנה המרחבי שלו. כשחקר ב-1982 סגסוגת של אלומיניום ומנגן, הוא הופתע לגלות כי יחידות הגביש מציגות סימטרייה מחומשת. משמעות הדבר היא שהגביש אינו יכול להיות מסודר בצורה מחזורית (אי אפשר לסדר מחומשים צמודים זה לזה ולקבל תבנית מחזורית קבועה כמו המשושים ביערת הדבש), וגביש כזה - כך סברו אז - לא ייתכן. שכתמן הצליח להוכיח בניסוייו כי הסימטרייה שראה אכן קיימת, וכי הגביש הזה אינו בעל מחזוריות קבועה אף על פי שבעין בלתי מזוינת הוא נראה גביש רגיל. החומרים האלה קיבלו את השם "גבישים קוואזי-מחזוריים" (quasi-periodic).

הכותב הוא כתב קול ישראל לענייני מדע. הטור פורסם במדורו "המאור הקטן", המופיע באתר האינטרנט של רשת ב'.