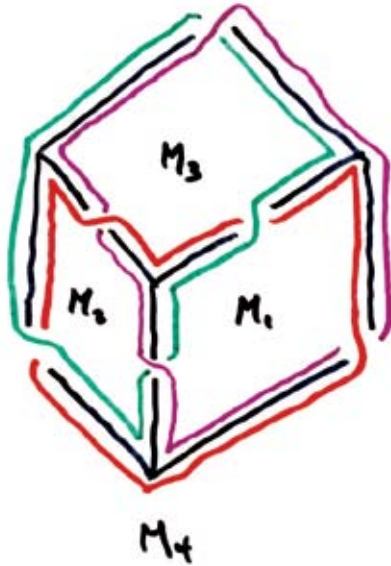


ילכו השניים יחדיו - מדע שימושי ומדע בסיסי

מתוך הרצאתו של **פרופ' ישראל אומן** בישיבה החגיגית של ועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת לציון היום הלאומי למדע תשס"ז, שהתקיימה בכ"ג באדר תשס"ז (13 במאָרס 2007).
בהתכנסות ציין יו"ר הוועדה, ח"כ זבולון אורלב, שהישיבה החגיגית מוקדשת לזכרו של פרופ' יובל גאמן, אדם ומדען דגול.



המחשת חלק מהדוקטורט (אוקטובר 1954)

אחת משבע הבעיות במתמטיקה הטהורה היא $P=NP$. בעיה זו צמחה ממדעי המחשב - מדע שימושי! אפרופו מדעי המחשב - איך נעשינו המעצמה השלישית בתחום, אחרי קליפורנייה ומסצ'וסטס? התשובה היא שהייתה לנו תשתית טובה במתמטיקה. כאן אין מדובר במתמטיקה "שימושית", אלא במתמטיקה "הטהורה" שמלפני 50-60 שנה. אז במתמטיקה השימושית שלטו בכיפה ההידרודינמיקה, המשוואות הדיפרנציאליות ובעיות מעין אלה - נושאים שגם היום הם חשובים, אבל כבר אינם במרכז תשומת הלב. קחו למשל את תורת הקבוצות, שעסק בה המתמטיקאי הישראלי אברהם הלוי פרנקל, נושא שבזמנו לא עניין אדם מן היישוב. ובכן, רבותיי, מזה צמחו מדעי המחשב, שבהחלט נמצאים כיום במרכז תשומת הלב. תלמידיו של פרופ' פרנקל, כמו

הנושא שאדבר עליו כאן הוא מדע שימושי ומדע טהור. נראה כאילו "מדע שימושי" ו"מדע טהור" הם שני דברים נפרדים; כאילו יש מדע שימושי וטכנולוגיה מצד אחד, ויש מדע "בסיסי", טהור, מצד שני. אני רוצה לומר שזה אותו הדבר, ולמעשה איננו יכולים להפריד בין מדע שימושי למדע טהור. אם ננסה להפריד ביניהם, אבוי לנו. זה המסר שאני רוצה "למכור" לכם היום.

בדיוני ועדת שוחט נשמעת הטענה שצריך יותר פיקוח ציבורי על המדע ושהציבור מעוניין במחקר בתחומים מסוימים ולא באחרים - למשל הציבור אינו מעוניין בחקר האסטרופיזיקה, אך הוא כן מעוניין בננו-טכנולוגיה. זוהי טעות גדולה. אינני אסטרופיזיקאי, אבל אנשים שואלים אותי: אמנם אנחנו חזקים מאוד באסטרופיזיקה, אך בכל זאת בשביל מה צריך את זה? התשובה היא שלעולם אין לדעת! בינתיים האסטרופיזיקה היא מדע טהור, אבל מחר היא עשויה להפוך למדע שימושי. אי אפשר למתוח קו - זה מדע שימושי וזה לא. ואם נחליט לתמוך במדע השימושי על חשבון המדע הטהור, לא יהיו לנו אף אחד משניהם! הם הולכים יחד, יד ביד, ואין קיום לאחד בלעדי האחר.

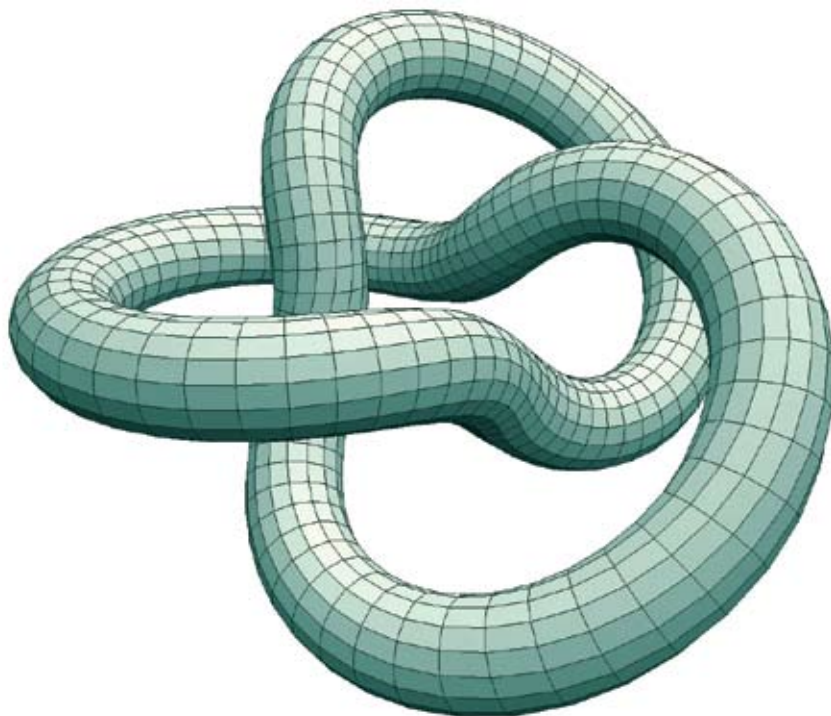
מהו "מדע טהור" ומהו "מדע שימושי"? בישיבה זו דובר על כמה מהבעיות המדעיות העומדות בפני העולם: אנרגיה, שינויי אקלים, שיבוט האדם. כל הבעיות האלה שייכות למדע השימושי. אבל דובר גם על שבע הבעיות הבלתי פתורות במתמטיקה, ואלה הן בעיות של המדע הטהור. להלן אביא דוגמאות מספר לקשר האמיץ שבין שני סוגי המדע. מדע טהור יכול להפוך למדע שימושי, אבל התהליך הוא דו-כיווני, וגם המדע השימושי יכול להפוך למדע טהור. למשל,

ופרטים רבים מהתורה שפיתח הרדי, אינך יכול לעסוק בקריפטוגרפיה, משום שהיא בנויה על יסוד תורת המספרים.

לאחר שגמרת את לימודי התואר הראשון, התקבלתי ל-MIT ללימודי התואר השלישי במתמטיקה. כאמור, התרשמתי מאוד מהרעיון של "לא לעסוק בשום דבר שימושי". היה נושא אחד שהיה מדע טהור לגמרי, בלי שום שימוש: תורת הקשרים (לימים עברתי לתורת המשחקים, שהיא כבר מדע שימושי מאוד). בתורת הקשרים מדובר בקשרים ממש, כמו הקשר שעושים בעניבה. זה תחום יפה שבו קשה מאוד להוכיח דבר כלשהו. הסיבה העיקרית לבחירת התחום הזה לעבודת הדוקטור הייתה שמדובר בעניינים טבעיים – השאלות הן טבעיות ואפשר להסביר אותן לילדים בבית הספר, אף על פי שהוכחות הן קשות ועמוקות מאוד. אבל לא פחות חשובה הייתה העובדה שאין לזה שום שימוש. בסתיו 1954 סיימתי למעשה את עבודת הדוקטור.

באוקטובר 2004 צלצל הטלפון בדירת. על הקו היה נכדי יעקב רוזן, שהיה אז סטודנט שנה שנייה בבית הספר לרפואה בבאר שבע. הוא ביקש לדעת מהם מספרי קישור (linking numbers). לשאלתי הסביר שבבית הספר לרפואה לומדים את הנושא והוא מתקשה להבינו. מששאלתי מה הקשר בין תורת הקשרים לרפואה ענה: "לפעמים ה-DNA בתא כלשהו מסתבך, מסתרבל בקשר, וצריך לדעת מהן תכונות הקשר שבביל להעריך מה יהיו תוצאותיו. הוא יכול לגרום לסרטן או לתוצאות אחרות, אבל אפשר גם שלא תהיה לו השפעה. הכול תלוי בתכונות הקשר, לפי תורת הקשרים".

הנה, בדיוק יובל שנים אחרי עבודת הדוקטור שלי, שכביכול אין לה שום שייכות, שום קשר לעולם המציאות, לומדים את הנושא בשנה השנייה בבית הספר לרפואה! זהו הסיפור של "מדע שימושי" ו"מדע טהור". לכן אני אומר ששני הדברים הולכים יד ביד ושניהם נחוצים. אנו זקוקים גם לטכנולוגיה, למדע השימושי ולשימושים עצמם כדי להחיות את המדע הטהור, וגם לחשיבה הבסיסית, הטהורה, שלכאורה אין לה שום שייכות להקשר מעשי כלשהו, כדי להפרות את הטכנולוגיה.



איור "קשר" תלת־ממדי

פרופ' מיכאל רבין ואחרים, הביאו את הבשורה במדעי המחשב מתוך עיסוקם במדע טהור שבטהורים. כשהייתי סטודנט באוניברסיטה לפני שישים שנה בערך, מה שהיה "אפנתי" במתמטיקה הוא המתמטיקה הטהורה – ומה שיותר טהור יותר טוב. העיסוק במתמטיקה שימושית נחשב לא מאוד מכובד. המתמטיקאי האנגלי גודפרי הרולד הרדי (Godfrey Harold Hardy), מגדולי המדענים של המחצית הראשונה של המאה העשרים, היה הכוהן הגדול של הגישה הזאת. הוא היה איש "תורת המספרים" – תורה העוסקת במספרים ראשוניים, בסכומים של ריבועים, חזקות אחרות וכדומה. לנושא זה אין כביכול שום קשר למציאות. הרדי דגל במדע הטהור עד כדי כך שאמר: "אני מצטער רק על דבר אחד שעשיתי בחיים שלי – שפעם הוכחתי נוסחה מסוימת שנעשתה שימושית מאוד בגנטיקה. על זה אני מצטער". זאת הייתה האפנה. הייתי אז צעיר והתרשמתי מזה מאוד והרביתי לקרוא על תורת המספרים. רבותיי, היום המספרים הראשוניים עומדים ביסוד הקריפטוגרפיה, ההצפנה. אם אינך יודע מהו מספר ראשוני, ולא רק מהו אלא גם מהן תכונותיו