

מדע חדש יכול אפוא
להיוולד בדרכים
רבות ושונות. אם
הוא מסביר היטב
את כל התופעות
המתייחסות לתחומן
(או לפחות את רובן),
ואף מצליח לנבא
תופעות חדשות
שאת קיומן ניתן
לבדוק בניסוי,
טובים סיכויי
הישרדותו.



קשר לנושא לימוד:
המאמר יכול לשמש
כהקדמה בהוראת התחום
מדע וטכנולוגיה ומתקשר
להרצאתו של פרופ'
דומאני בגיליון זה

ד"ר אלכס רזניק,
פיסיקאי, מלמד במכללה
האקדמית של אורט
סינגאפולסקי בתל-אביב
ובמכללה להנדסה
בירושלים

מדע חדש - התחלה חדשה

על תחומים חדשים במדע
ועל הדרכים השונות
שבהן "נולדו"

ד"ר אלכס רזניק

לא מכבר התפרסמה על לוח מודעות באחת האוניברסיטאות מודעה, המציעה לסטודנטים להצטרף לקבוצה בינתחומית העוסקת בתחום הנקרא "ביואלקטרוניקה". מטרתו - יצירת קישורים בין סיבבי עצב לבין חומרים מוליכים-למחצה, המשמשים ליצירת התקנים אלקטרוניים. לענף מדעי חדש זה יישומים אפשריים מעניינים; אחד מהם הוא הפעלה רצונית של מכשירים אלקטרוניים, שיקושרו ישירות לסיבבי עצב - למשל אצל נכים.

תחום מדעי אחר, שסטודנטים רבים בוחרים ללמוד, הוא "ביואינפורמטיקה". מדע חדש זה משתמש בידע מתחום המתמטיקה, הקיברנטיקה ומדעי המחשב, כדי להיטיב ולהבין את המידע התורשתי המוצפן במולקולות ה-DNA.

שתי דוגמאות אלה - ביואלקטרוניקה וביואינפורמטיקה - חדשות, אך יש ענפי מדע ותיקים בהרבה שצמחו באופן דומה - מהניסיון להסביר תופעות המיוחסות לתחום אחד בעזרת מושגים, חוקים ושיטות מחקר המיוחסים לתחום אחר. כזו היא הביוכימיה, העוסקת בתהליכים הכימיים המתרחשים באורגניזם החי; וכזו היא הביופיסיקה, העוסקת בתהליכים הפיסיקליים המתרחשים בו.

לעתים לא זו בלבד שמסבירים תופעות הלקוחות מתחום אחד תוך שימוש בכלים הלקוחים מתחום אחר, אלא ששני תחומי מדע מתמזגים זה בזה. כך קרה לתורת החשמל, שעסקה בשלל התופעות החשמליות, ולתורת המגנטיות, שעסקה בשלל התופעות המגנטיות: בעשורים הסמוכים למחצית המאה ה-19 נוצר מדע חדש, שנקרא "התיאוריה האלקטרומגנטית", שמיזג את תורת החשמל ואת תורת המגנטיות למדע אחד. אנשים רבים תרמו להישג זה, וביניהם הפיסיקאי האנגלי מיכאל פרדיי (Faraday), הפיסיקאי הצרפתי אנדרה אמפר (Ampère), ובעיקר הפיסיקאי הסקוטי ג'יימס קלרק מקסוול (Maxwell).

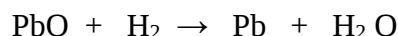
מדע חדש יכול לצמוח כאשר נעשית "העמדה" של תחום מדעי אחד על יסודותיו של תחום מדעי אחר. כך קרה במחצית השנייה של המאה ה-19, כאשר התרמודינמיקה - ששניים מהמושגים המרכזיים המופיעים בה הם חום וטמפרטורה - הועמדה על יסודות המכניקה. הטמפרטורה של גוף היא מדד לאנרגיה הקינטית הממוצעת של החלקיקים שמהם עשוי הגוף; וחום הוא אנרגיה, העוברת מגוף לגוף כתוצאה מהפרשי הטמפרטורות שביניהם. וכך הוסברו שני מושגים אלה - כמו כל המושגים התרמודינמיים האחרים, באמצעות מונחים שמקורם בתחום המכניקה. בעקבות "העמדה" זו צמח תחום מדעי חדש וחשוב בפיסיקה - "פיסיקה סטטיסטית". האנשים שייסדו את הפיסיקה הסטטיסטית היו מקסוול (שכבר הוזכר), הפיסיקאי האמריקני ג'וסייה וילארד גיבס (Gibbs) והפיסיקאי האוסטרי לודוויג בולצמן (Boltzmann).

מדע חדש יכול להופיע כתוצאה מתגלית מדעית. למשל: תורת החיסון (אימונולוגיה) צמחה מתוך השערתו של הרופא האנגלי אדוארד ג'נר (Jenner). הוא שמ לב לכך שאנשי כפר, שחיו בקרבת בקר וחלו - על פי השערתו - באבעבועות בקר, לא חלו במחלה הקטלנית לאדם - אבעבועות שחורות. בשנת 1796 חיסן ג'נר לראשונה ילד בן 8 באבעבועות בקר, וכעבור שישה שבועות, כשניסה להדביקו באבעבועות שחורות, נוכח לדעת שהילד אכן חוסן.



**בתמונה: אדוארד ג'נר מחסן ילדים
עם אבעבועות בקר בניסיון למנוע
אבעבועות שחורות.**

מדע חדש יכול לצמוח כתוצאה מהמצאה של מכשיר חדש. המיקרוביולוגיה, למשל, צמחה בעקבות המצאת המיקרוסקופ המורכב, בן שתי עדשות, על-ידי ההולנדי זכריאס ינסן (Janssen) ב-1590, ובעקבות שכלולו, שמונים שנה מאוחר יותר, על-ידי הולנדי אחר, אנטוני ואן ליוונהוק (Van Leeuwenhoek). ב-1676 גילה ואן ליוונהוק, בעזרת המיקרוסקופ, מיקרואורגניזמים בטיפת מים, ובשנת 1683 מיקרואורגניזם קטנטן ופשוט מאוד: את החיידק (הבקטריה). מדע חדש יכול לצמוח מתוך כשלוננו של מדע ישן. הכימיה החדשה מתייחסת אל חומרים כאל תרכובות היכולת להתפרק לאלמנטים כימיים או להיבנות מהם. היא עוצבה בעיקר על-ידי הכימאי הצרפתי אנטואן לורן לוואזיה (Lavoisier) בשנות השמונים של המאה ה-18, בעקבות כשלונה של התיאוריה שהיתה מקובלת באותה תקופה - תיאוריית הפלוגיסטון - להסביר תופעות מסוימות. התיאוריה טענה, למשל, שבבעירה של נר משתחרר חומר הנקרא "פלוגיסטון" משעוות הנר אל האוויר, ובהחלדה של ברזל משתחרר פלוגיסטון מהברזל אל האוויר. הואיל ומשקל הברזל החלוד גדול יותר ממשקל הברזל (בשפת הכימיה המודרנית - הברזל התרכב עם חמצן), התיאוריה קבעה שלפלוגיסטון חייב להיות משקל שלילי! תיאוריית הפלוגיסטון נכשלה, למשל, בהסבר תהליך שבשפת הכימיה המודרנית, שהמציא לוואזיה, רושמים אותו כך:



ובמילים: מתחמוצת של עופרת, המגיבה עם גז מימן, נוצרים עופרת ומים. תיאוריית הפלוגיסטון התייחסה לחומר שבשפתנו נקרא "תחמוצת עופרת" כאל עופרת נטולת פלוגיסטון (שהפלוגיסטון עזב אותה ועבר לאוויר), ולחומר שבשפתנו נקרא "מימן" היא התייחסה כאל פלוגיסטון טהור. ולכן, על פי תיאוריית הפלוגיסטון, בתהליך הנ"ל הגיבה עופרת נטולת פלוגיסטון עם פלוגיסטון טהור ונוצרה עופרת. אך מדוע נוצרו בתהליך גם מים?

כשלונה של תיאוריית הפלוגיסטון להסביר את היווצרותם של מים בתגובה זו, כמו גם כשלונה להסביר תגובות אחרות, גרמו לכך שאנשים פסקו מלהתייחס אליה כאל תיאוריה אמינה ומשכנעת. כך נולדה הכימיה המודרנית ושפת הכימיה המודרנית (הנוסחאות הכימיות).

מדע חדש יכול אפוא להיוולד בדרכים רבות ושונות. אם הוא מסביר היטב את כל התופעות המתייחסות לתחומו (או לפחות את רובן), ואף מצליח לנבא תופעות חדשות שאת קיומן ניתן לבדוק בניסוי, טובים סיכויי הישרדותו. ואם בנוסף הוא מצליח לספק מסגרת קונצפטואלית אחידה (ורצוי פשוטה) ומשוללת סתירות פנימיות לתופעות המתוארות בתחומו, קרוב לוודאי שמדע זה יצליח, ישגשג ואולי אף יניב פירות בצורת מכשירים וטכנולוגיות, שיוכלו לענות על צרכים מעשיים ולפתור בעיות אנושיות.

